BEITRÄGE ZUR KENNTNIS EINES EMPFANGSSYSTEMS MIT ABGESTIMMTEM INDIKATORKREISE UND UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN EINFLUSS DER ATMOSPHÄRE AUF DIE INTENSITÄT UND DÄMPFUNG DER SIE DURCHLAUFENDEN ELEKTRISCHEN WELLEN.

(MITTEILUNGEN DER PHYSIKALISCHEN VERSUCHS-STATION HALLE-CRÖLLWITZ.)
(No. 25.)

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

DER

HOHEN PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT

DER

VEREINIGTEN FRIEDRICHS-UNIVERSITÄT HALLE-WITTENBERG

VORGELEGT VON

OTTO GÜLDENPFENNIG
AUS **GARDELEGEN** I. ALTM.

HALLE A. S.
HOFBUCHDRUCKEREI VON C. A. KAEMMERER & CO.
1911.

Referent: Geh. Regierungsrat Prof. Dr. **E. Dorn.**

Meiner lieben Mutter!

Inhalt.

Seite

Einleitung 1

Teil I.

§ 1. Das doppelt induktiv gekoppelte Empfangssystem 1

§ 2. Untersuchung des Systems bei abgestimmtem Indikatorkreise . . 3

Teil II.

Über künstlich gedämpfte elektrische Wellen 5

Teil III.

Abhängigkeit der Intensität und Dämpfung der elektrischen Wellen von der Atmosphäre 7

Zusammenfassung der Resultate 13

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41544723_0115

Einleitung.

Die in der vorliegenden Dissertation behandelten Versuche sind ausgeführt worden in einer 8 km von der physikalischen Versuchsstation Halle-Cröllwitz (einer Sendestation für drahtlose Telegraphie) gelegenen Empfangsstation.

Der erste Teil enthält Untersuchungen über das Empfangssystem selbst. Es sollte ermittelt werden:

1. wie verhält sich die Wirkung im Empfangssystem, wenn dessen Indikatorkreis auf die ankommenden Wellen abgestimmt wird;
2. wie ist das Verhalten des Optimums der Kopplungen der einzelnen Kreise.

Der zweite Teil enthält Versuche über künstlich gedämpfte elektrische Wellen.

Im dritten Teile sind Untersuchungen über den Einfluss des Tageslichtes und der Atmosphäre auf die Intensität und Dämpfung der elektrischen Wellen mitgeteilt.

Teil I.

§ 1.

Das Empfangssystem.

Das Empfangssystem der Station, auf der die vorliegenden Untersuchungen ausgeführt worden sind, ist ein doppelt induktiv gekoppeltes. Es besteht aus drei Kreisen (s. Fig. 1):

1. Dem Antennenkreis, der die beiden Antennen, die Vertikal- und die Horizontalharfe enthält, zwischen denen Induktionsspulen liegen, von denen die eine als Kopplungsspule (I) benutzt wird.

2. Dem Messkreis, der sich aus zwei Induktionsspulen (IIa und IIb) als Kopplungsspulen und einer variablen Kapazität C_1 ($^{22}/_{23}$ Drehkondensator, Type der Telefunkengesellschaft, $C_{max} = 2700$ cm) zusammensetzt.

3. Dem Barretterkreis, der ausser der Induktionsspule (III) als Kopplungsspule und einer Kapazität C_2 (Glimmerkondensator, $C = 50000$ cm) einen empfindlichen Barretter enthält, dessen Widerstand 130 Ohm beträgt.

Figur 1 gibt uns einen Überblick über das System. Die Induktionsspulen a und b haben einen Durchmesser von 39 cm. Sie bestehen aus 36 Windungen von blankem Kupferdraht von 2,8 mm Stärke. Der Abstand der einzelnen Windungen beträgt 4 mm. Sie sind aufgewickelt auf sechs parallelen Ebonitstegen, die senkrecht zu den Windungen stehen. Ihr Selbstinduktionskoeffizient kann von einem kleinen Werte bis $500 \cdot 10^3$ cm variiert werden.

Die Kopplungsspulen haben einen Durchmesser von 25 cm. Ihre Windungszahl ist 12 bei einem Windungsabstande von 2 mm. Auch sie sind aus blankem Kupferdraht von 2,8 mm Durchmesser hergestellt. Ihr Selbstinduktionskoeffizient beträgt ca. 50000 cm.

Die in Figur 1 mit I und IIa bezeichneten Spulen stehen auf ein und demselben Schlitten, um ein bequemes Mittel zur Variierung der Kopplung des zweiten an den ersten Kreis in der Hand zu haben. Aus demselben Grunde sind die mit IIb und III bezeichneten Spulen auf einem zweiten Schlitten angeordnet.

Wird nun dieses so beschriebene System von einer ankommenden Schwingung angeregt, so muss dasselbe auf die Welle abgestimmt, d. h. so eingerichtet werden, dass es sich mit dem Sendesystem in Resonanz befindet, damit die Wirkungen am günstigsten werden. Die Abstimmung geschieht folgendermassen. Der Barretterkreis wird direkt mit dem Antennenkreis induktiv gekoppelt. Alsdann sucht man durch Änderung der Selbstinduktion der Spulen a und b das Optimum der Wirkung. Ist dies geschehen, so legt man zwischen den ersten und den Baretterkreis den Messkreis und stimmt diesen durch Veränderung der Kapazität auf den Antennenkreis ab. Der Barretterkreis wurde zu Beginn meiner Tätigkeit auf der Station nicht abgestimmt. Er blieb für alle Messungen konstant. Er befand sich in einem aperiodischen Zustande, was sich leicht durch Einsetzen der Zahlenwerte in die Schwingungsgleichung:

$$\frac{w^2}{4L} > \frac{1}{C}$$

nachweisen lässt.

Nun hatte Herr Dr. Kempe bei seinen Untersuchungen über die Wiensche Anordnung gefunden, dass durch Abstimmung des Indikatorkreises der Ausschlag des Galvanometers zwar erheblich vergrössert, dass aber die Dämpfung hiervon nicht beeinflusst werde.[1]) Es sollten nun mit dem Empfangssystem Versuche angestellt werden, ob sich vielleicht eine Bestätigung der Resultate ergäbe.

Es wurden drei Versuchsreihen vorgenommen. Zunächst wurde mit dem oben beschriebenen System eine Resonanzkurve aufgenommen. Alsdann wurde der Glimmerkondensator durch eine variable Kapazität [$^4/_5$ Drehkondensator in Öl, Type der Telefunkengesellschaft] ersetzt und die Selbstinduktion dieses Kreises um einen Satz von Induktionsspulen vermehrt, deren Induktionskoeffizient 160000 cm beträgt, und die genau so gebaut waren wie die Induktionsspulen a und b des Antennenkreises. Der Kondensator wurde auf den Grad 40 eingestellt und durch Veränderung der Selbstinduktion der Barretterkreis auf den Messkreis abgestimmt. Nachdem nun wiederum eine Resonanzkurve aufgenommen worden war, wurde jener Satz von Induktionsspulen ganz in den dritten Kreis gelegt und dieser durch Variierung der Kapazität auf den zweiten Kreis abgestimmt. Nun wurde nochmals eine Resonanzkurve aufgenommen. Die aus diesen Versuchen gewonnenen Resultate sind in der nachstehenden Tabelle I zusammengestellt.

Tabelle I.

Versuch	Kopplung	Amplitude	Dämpfung	L-Wert	Abstimmung des dritten Kreises
1	$^{I}/_{II} = 150$; $^{II}/_{III} = 200$[2])	136	0,072	50000 cm	III. Kreis unabgestimmt
2	$^{I}/_{II} = 250$	125	0,077	132500 „	III. „ mit L abgest.
3	$^{II}/_{III} = 250$	152	0,072	210000 „	III. „ „ C „

Wie die Tabelle zeigt, ist das Resultat des Herrn Dr. Kempe vollkommen bestätigt: die Empfangswirkung wird durch Abstimmung des Indikatorkreises beträchtlich vermehrt, obgleich die Kopplungen loser geworden sind.

Da nach der Tabelle die Änderung der Selbstinduktion anders wirkt als die der Kapazität, so wurden noch folgende Versuche angestellt. Die Windungszahl der Zusatzinduktionsspule wurde von

1) Kempe, Dissertation; Halle a. S. 1909.

2) Kopplung $^{I}/_{II} = 150$ resp. $^{II}/_{III} = 200$ bedeutet: die Entfernung der Spulen I und IIa resp. IIb und III beträgt 150 bezw. 200 mm.

18 auf 15, 12, 9 u. s. f. bis auf 0 herabgesetzt. Jedesmal wurde der Barretterkreis durch Veränderung der Kapazität abgestimmt und alsdann im Messkreis eine Resonanzkurve aufgenommen. Um einen Schluss auf die Dämpfung machen zu können, wurden die Maximalausschläge aller Kurven gleich 100 gesetzt und die anderen Punkte darauf reduziert. Die Breiten der Kurven waren dann ein Mass für die Dämpfung. In der folgenden Tabelle sind die Resultate zusammengestellt.

Wir sehen, dass bei Vermehrung der Selbstinduktion die Intensität zunimmt, dass aber diese Vergrösserung keinen Einfluss auf die Dämpfung hat. In Figur 2 sind diese Beziehungen graphisch dargestellt. Als Abszissen sind die eingeschalteten Windungen, als Ordinaten die Breiten der Kurven und die aus ihnen ermittelten maximalen Galvanometerausschläge abgetragen. Wie Figur zeigt, ist die Beziehung zwischen Intensität und Windungszahl linear.

Tabelle II.

Windungszahl	Stellung des Kondens. $^4/_5$	Amplitude	Kurvenbreite
0	95°	130	14,0
3	84°	141	14,8
6	69°	148	14,1
9	53°	156	15,1
12	41°	167	14,5
15	32°	179	14,6
18	25°	187	14,7

Sämtliche nun folgende Untersuchungen wurden ausgeführt mit einem System, dessen Indikatorkreis sich mit den übrigen in Resonanz befindet. Dieser Kreis war nun definitiv folgendermassen zusammengesetzt. Er bestand aus dem Barretter, dem $^4/_5$ Drehkondensator (C_2) in Öl, der Induktionsspule (III) als Kopplungsspule und jenen oben erwähnten 18 Windungen, deren Induktionskoeffizient ca. 160000 cm beträgt. (Fig. 3.)

§ 2.

Untersuchung des doppelt induktiv gekoppelten Empfangssystems.

Es war nun für die Messungen mit dem auch im dritten Kreise abgestimmten Empfangssystem von grösster Wichtigkeit, zu untersuchen, ob sich das früher für die Kopplung $^{I}/_{II}$ beobachtete Optimum [1]) auch für die Kopplung $^{II}/_{III}$ zeigte.

Das Verhalten der Kopplungen $^{I}/_{II}$ resp. $^{II}/_{III}$ für das System mit nicht abgestimmtem Indikatorkreise ist in Figur 4 graphisch dargestellt.

Das bei Herrn Dr. Heinecke [2]) näher beschriebene Verfahren zur Untersuchung der Kopplungen wurde nun auch auf das neue System angewendet. Das Resultat ist folgendes. Die Kopplung $^{I}/_{II}$ hat sich in ihrem Verhalten durchaus nicht geändert. Die Amplitudenkurve zeigt bei ganz fester Kopplung einen geringen Betrag, steigt bei weiter werdender Kopplung bis zu einem maximalen Wert an und nimmt dann bei noch weiter werdender Kopplung wieder ab. Auch die Kurve für die Dämpfung hat sich in ihrem Verlaufe nicht geändert. Mit weiter werdender Kopplung nimmt sie sehr rasch ab und verläuft von der aus der Figur näher ersichtlichen Stelle ab der Abszissenachse parallel.

Die Kurven für die Kopplung $^{II}/_{III}$ dagegen zeigen in dem jetzigen Falle ein ganz anderes Bild als bei dem im dritten Kreise nicht abgestimmten System (s. Fig. 5). Die Amplitudenkurve hat jetzt ebenfalls ein Optimum, welches jedoch bei verhältnismässig engerer Kopplung liegt als das Optimum der Kopplung $^{I}/_{II}$. Die Kurve selbst flacht sich nicht so schnell ab wie die entsprechende Kurve der Kopplung $^{I}/_{II}$. Die Dämpfungskurve dagegen zeigt den früheren Verlauf. Mit weiter werdender Kopplung nimmt die Dämpfung rasch ab, bis sie schliesslich der Abszissenachse parallel läuft.

Es war nun weiter wichtig, zu untersuchen, ob das Optimum der einen Kopplung von der Stellung der anderen abhängig ist. Bei dem alten System war das Optimum der Kopplung $^{I}/_{II}$ von der Stellung der Kopplung $^{II}/_{III}$ vollständig unabhängig. Es wurden daher folgende Versuche angestellt. Zunächst wurde der Abstand der Spulen IIb und III gleich 110 mm gemacht und für jede Stellung

1) K. E. F. Schmidt, Ann. d. Phys. IV. S. 604, 1908 und G. Heinecke, Dissertation, Halle a. S. 1909.

2) G. Heinecke, Dissertation, Halle a. S. 1909.

der Spule IIa zur Spule I eine Resonanzkurve aufgenommen. Dann wurden als Abszissen die Entfernungen der Spulen I und IIa in mm und als Ordinaten die Maximalamplituden aufgetragen und das Optimum der Kopplung $^{I}/_{II}$ bestimmt. Hierauf wurde Kopplung $^{II}/_{III}$ gleich 130 mm gesetzt und wiederum die Amplitudenkurve zur Bestimmung des Optimums der Kopplung $^{I}/_{II}$ aufgenommen. Die Versuche ergaben sechs Kurven, welche Figur 6 veranschaulicht. Die Resultate über die Abhängigkeit des Optimums der Kopplung $^{I}/_{II}$ von der Stellung der Kopplung $^{II}/_{III}$ sind in Tabelle III zusammengestellt und in Figur 7 graphisch dargestellt. Als Abszissen sind die Stellungen der Kopplung $^{II}/_{III}$ und als Ordinaten die Optima der Kopplung $^{I}/_{II}$ aufgetragen. Man sieht, dass für das Optimum der Kopplung $^{I}/_{II}$ ein Maximum existiert.

Tabelle III.

Abstand der Spulen IIb und III	Abstand der Spule IIa von I für das Optimum der Wirkung
110 mm	160 mm
130 „	162 „
170 „	176 „
210 „	180 „
250 „	172 „
290 „	170 „

Berechnet man ferner aus den einzelnen Kurven die logarithmischen Dekremente der Dämpfung und trägt als Abszissen die Entfernungen der Spulen I und IIa in mm und als Ordinaten die gewonnenen Dämpfungsdekremente auf, so erhält man wiederum eine Kurvenschar, die in Figur 8 dargestellt ist. Sämtliche Kurven laufen parallel. Aus dem Verlaufe der Kurven ergibt sich, dass mit weiter werdender Kopplung die Dämpfung kleiner wird.

Analoge Versuche wurden nun angestellt für die Untersuchung des Optimums der Kopplung $^{II}/_{III}$. Zunächst wurde die Kopplung $^{I}/_{II}$ gleich 100 mm gewählt und dann die Amplitudenkurve der Kopplung $^{II}/_{III}$ zur Festlegung ihres Optimums aufgenommen. Diese Versuche ergaben ebenfalls sechs Kurven. Für jede Stellung der Kopplung $^{I}/_{II}$ wurde das Optimum der Kopplung $^{II}/_{III}$ bestimmt. Die sechs Kurven veranschaulichen Figur 9 und 10. Als Abszissen sind die Entfernungen der Spulen IIb und III in mm und als Ordinaten die Maximalamplituden aufgetragen. Die Resultate über die Abhängigkeit des Optimums der Kopplung $^{II}/_{III}$ von der Stellung der Kopplung $^{I}/_{II}$ sind in Tabelle IV zusammengestellt und in Figur 11 graphisch dargestellt. Die Stellungen der Kopplung $^{I}/_{II}$ bilden die Abszissen und die Optima der Kopplung $^{II}/_{III}$ die Ordinaten. Die Kurve zeigt, dass sich das Optimum der Kopplung $^{II}/_{III}$ mit loser werdender Kopplung $^{I}/_{II}$ von der Spule IIb entfernt.

Tabelle IV.

Abstand der Spule I von IIa	Abstand der Spule IIb von III für das Optimum der Wirkung
100 mm	10 mm
130 „	33 „
170 „	56 „
210 „	65 „
250 „	86 „
290 „	95 „

Auch in diesem Falle gibt es eine Schar paralleler Kurven für die logarithmischen Dekremente der Dämpfung wie für die Kopplung $^{I}/_{II}$. Diese Schar ist in Figur 12 graphisch dargestellt.

Es fragt sich nun noch, wie beide Kopplungen eingestellt werden müssen, damit das System reine und exakte Messungen gestattet.

Bei dem alten Systeme wurden für die Messungen die Kopplungen genau auf das Optimum eingestellt. Dies wurde zunächst auch noch für das neue System beibehalten. Die aufgenommene Resonanzkurve war sehr deformiert. Eine solche Kurve ist für exakte Dämpfungsmessungen unbrauchbar. Bei dem zweiten Versuche wurde eine erheblich losere Kopplung als dem Optimum entspricht angenommen. Die jetzt aufgenommene Kurve war vollständig symmetrisch. Eine solche Kurve eignet sich zu genauen Dämpfungsmessungen, denn sie ist frei von jeglichen Unreinheiten, wie z. B. von der Rückwirkung der einzelnen Kreise aufeinander. Eine dem zweiten Versuche entsprechende Stellung der beiden Kopplungen wurde für die folgenden Untersuchungen beibehalten.

Teil II.

Über künstlich gedämpfte elektrische Wellen.

Bei den in diesem Teile der Dissertation beschriebenen Versuchen werden Schwingungsvorgänge betrachtet, wie sie bei künstlich gedämpften Schwingungen beobachtet werden. Die Änderung der Dämpfung wurde bei der ersten Versuchsreihe dadurch bewirkt, dass in der Sendestation Widerstände in die Leitungen der Schwingungskreise eingeschaltet wurden. In der zweiten Versuchsreihe wird der Einfluss beobachtet, welchen die in die einzelnen Kreise der Empfangsstation eingeschalteten Widerstände auf die Intensität und Dämpfung der ankommenden elektrischen Wellen ausüben.

Das Material der für die Versuche verwendeten Widerstände war umsponnener Manganindraht. An den Enden waren dieselben mit kleinen Stücken von blankem Kupferdrahte verlötet, um eine bessere Einschaltung derselben zu ermöglichen. Sämtliche Drähte waren gleich lang (0,5 m), damit bei ihrer gegenseitigen Auswechselung die Kreise nicht zu sehr verstimmt wurden. Die Normalkurve, d. h. die Kurve für einen Widerstand von praktisch 0 Ohm, wurde mit einem gleich langen Kupferdrahte aufgenommen.

Versuchsreihe 1.

Die in dieser Versuchsreihe aufgeführten Untersuchungen wurden in der Sendestation ausgeführt von Herrn Dr. Gerth. Er beobachtete, in welcher Beziehung Intensität und Dämpfung zum Widerstande stehen.[1]) Zu gleicher Zeit wurde von mir in der Empfangsstation beobachtet, welchen Einfluss der in die Leitungen der Schwingungskreise eingeschaltete Widerstand auf die Strahlung und die Dämpfung der elektrischen Wellen ausübt.

Zunächst soll der Fall beobachtet werden, bei dem der Widerstand in den Primärkreis der Sendestation[2]) eingeschaltet ist.

Der Primärkreis ist folgendermassen eingerichtet (Fig. 13). Von den Sekundärklemmen des Resonanzinduktors führen zwei Leitungen aus Kupferlitze an die beiden Pole A_1 und B_1 der Funkenstrecke F. Von A_1 geht ein Kupferdraht von 22 cm Länge an die Klemme A_2 der Aussenbelegungen der einen Leydenerflaschenbatterie. Von B_1 und B_2 sind zwei horizontal verlegte Kupferdrähte in einem gegenseitigen Abstande von 5 cm und 100 cm Länge eingeschaltet, die durch einen vertikal aufgestellten Kupferring R von 25 cm Durchmesser geschlossen sind. Diese Kupferdrähte wurden gegen 7 Widerstände ausgewechselt, welche von 0 bis 2,19 Ohm variierten. Für jeden einzelnen Widerstand wurde in der Sendestation sowohl wie auf der Empfangsstation eine Resonanzkurve aufgenommen. Die Resultate dieser Versuche gibt Tabelle V wieder. Wie aus ihr hervorgeht, zeigen die Amplituden auf beiden Stationen mit wachsendem Widerstande eine Abnahme, die Dämpfungen eine Zunahme. In Figur 14 sind diese Beobachtungsresultate graphisch aufgetragen. Die Abszissen bilden die Widerstände, die Ordinaten die Maximalamplituden resp. die logarithmischen Dekremente der Dämpfung. Die beiden Amplitudenkurven laufen nahezu parallel. Die Dämpfung zeigt auf beiden Stationen einen

Tabelle V.

Widerstand	Empfangsstation		Sendestation	
	Amplitude	Dämpfung	Amplitude	Dämpfung
0,00	220	0,094	271	0,073
0,23	157	0,098	214	0,084
0,44	131	0,101	193	0,087
0,91	100	0,105	140	0,104
1,31	88	0,112	110	0,119
1,76	69	0,120	91	0,142
2,19	52	—	78	—

1) Gerth, Dissertation, Halle a. S. 1909.

2) Das Sendesystem besteht aus zwei Kreisen, dem Primär- oder Flaschenkreis und dem Sekundär- oder Antennenkreis.

gradlinigen Verlauf. Beide Geraden laufen aber nicht parallel, sondern sie schneiden sich in der Nähe von 0,9 resp. 1,0 Ohm.

Bei der nun folgenden Untersuchung blieb im Gegensatz zu der vorhergehenden der Primärkreis ungeändert, während in den Antennenkreis Widerstände eingeschaltet wurden. Die Anordnung in diesem Sekundärkreise war absolut symmetrisch. Von der grossen Spule, die als Selbstinduktion diente, sind bei galvanischer Kopplung des ersten Kreises an den zweiten noch einige Windungen derselben in den Primärkreis eingeschaltet. Symmetrisch zu diesem Teile wurde die Spule unterbrochen. An diesen Unterbrechungsstellen wurden die Widerstände eingeschaltet. Sie schwankten zwischen 0 und 31 Ohm. Ähnliche Beobachtungen wie oben ergaben folgende Resultate (s. Tabelle VI und Figur 15). Mit wachsendem Widerstande nimmt die Amplitude auf beiden Stationen ab, die Dämpfung dagegen zu. Die Zunahme der Dämpfung ist linear. Die beiden Amplitudenkurven laufen nahezu parallel; die beiden Dämpfungsgeraden schneiden sich dagegen.

Tabelle VI.

Widerstand	Empfangsstation		Sendestation	
	Amplitude	Dämpfung	Amplitude	Dämpfung
0,00	158	0,100	281	0,076
2,44	138	0,103	239	0,086
4,23	119	0,108	219	0,091
6,05	108	0,113	186	0,094
8,98	96	0,115	156	0,102
11,98	88	0,122	135	0,110
16,05	74	0,131	110	0,121
19,05	67	—	98	—
31,00	47	—	65	—

Bei dieser Versuchsreihe 1 ist zu bemerken, dass das Empfangssystem für sämtliche Versuche ungeändert blieb. Sie wurden nur für die kurze Welle durchgeführt.

Versuchsreihe 2.

Bei den hier aufzuführenden Versuchen blieb das Sendesystem während des Verlaufes der ganzen Versuchsreihe konstant, während in die verschiedenen Kreise des Empfangssystems Widerstände eingeschaltet wurden. Es soll nun zunächst unsere Aufgabe sein, festzustellen, welchen Einfluss der in den Antennenkreis der Empfangsstation eingeschaltete Widerstand auf die Intensität und die Dämpfung der ankommenden elektrischen Wellen ausübt.

Wie schon oben gesagt, besteht dieser Kreis aus den beiden Harfen, zwischen denen Induktionsspulen liegen, von denen die eine als Kopplungsspule benutzt wird (s. Fig. 1). Diese Spule wurde in der Mitte aufgeschnitten. An dieser Stelle wurden die Widerstände eingeschaltet. Die acht benutzten Widerstände variierten zwischen 0 und 90,76 Ohm. Für jeden einzelnen Widerstand wurde aus der aufgenommenen Resonanzkurve die zugehörige Dämpfung berechnet. Die gewonnenen Resultate sind in Tabelle VII zusammengestellt und in Figur 16 graphisch dargestellt. Als Abszissen sind die Widerstände und als Ordinaten die aus den einzelnen Kurven gewonnenen Maximalamplituden resp. die logarithmischen Dämpfungsdekremente abgetragen. Wie die Figur zeigt, nimmt die Amplitude mit wachsendem Widerstande ab, die Dämpfung linear zu.

Tabelle VII.

$^{I}/_{II} = 160$ mm; $^{II}/_{III} = 140$ mm.

Widerstand	Amplitude	Dämpfung
0,00	219	0,098
2,66	177	0,099
4,15	153	0,103
9,81	110	0,107
14,14	92	0,108
24,77	52,5	0,113
49,30	24,5	—
90,76	10,5	—

Wie gestaltet sich nun das analoge Bild für den Messkreis der Empfangsstation?

Um die Widerstände in diesen Kreis einschalten zu können, wurde die Kopplungsspule IIb aufgeschnitten und an dieser Stelle die Widerstände eingeschaltet. Für jeden der acht benutzten Widerstände (von 0 bis 4,15 Ohm) wurde eine Resonanzkurve aufgenommen, aus der die zugehörige Dämpfung berechnet wurde. Die erhaltenen Resultate sind in der Tabelle VIII zusammengestellt und in Figur 17 graphisch aufgetragen.

Die Amplitude zeigt mit zunehmendem Widerstande eine dauernde Abnahme, die Dämpfung ein stetes Ansteigen; und zwar ist der Anstieg wiederum linear. Im Vergleich zu der vorhergehenden Untersuchung haben wir hier viel kleinere Widerstände nötig, um die Amplitude herunterzudrücken.

Für die praktische Ausführung der Messungen war es noch wichtig, zu erfahren, wie sich Intensität und Dämpfung verhalten, falls in den dritten, den sog. Indikatorkreis, Widerstände eingeschaltet wurden. Für diese Untersuchung wurden vier Widerstände benutzt. Die Beobachtungen der Resonanzkurven ergaben folgende Resultate (s. Tabelle IX).

Wie aus dieser Tabelle hervorgeht, zeigt die Amplitude einen Verlauf, der wieder ganz analog ist dem, der bei den früheren Versuchen gefunden wurde. Sie nimmt mit wachsendem Widerstande stetig ab (s. Fig. 18). Die Dämpfung dagegen ist im Gegensatz zu den früheren Untersuchungen vollständig unabhängig vom Widerstande. Dieses letzte Resultat stimmt überein mit dem, welches Herr Dr. Kempe bei seinen Untersuchungen über den Wienschen Kreis gefunden hat.[1])

Sämtliche Widerstandsversuche wurden ausgeführt mittels einer Sendekopplung von 56 %, mit einer Wellenlänge von 505 m.

Tabelle VIII.
$^{I}/_{II} = 120$ mm; $^{II}/_{III} = 120$ mm.

Widerstand	Amplitude	Dämpfung
0,00	131	0,110
0,25	119	0,120
0,50	106	0,125
0,87	94	0,131
1,42	80	0,142
2,16	62	0,157
2,66	54	—
4,15	39	—

Tabelle IX.
$^{I}/_{II} = {}^{II}/_{III} = 120$ mm.

Widerstand	Amplitude	Dämpfung
0,00	129	0,108
4,15	123	0,106
49,33	75	0,107
90,76	49	—

Alle Amplitudenkurven haben, falls man die Werte für die einzelnen Amplituden aus den ersten Beobachtungsresultaten nimmt, einen Fehler, der dadurch hervorgerufen wurde, dass bei der Ausführung der Versuche die Amplitude in der Sendestation mit der Zeit abnahm. Der Fehler musste sich somit auch auf der Empfangsstation bemerkbar machen. Um ihn zu beseitigen, d. h. um möglichst einwandfreie Amplitudenkurven zu erhalten, empfiehlt es sich, nur die Maxima der Resonanzkurven für die einzelnen Widerstände schnell hintereinander aufzunehmen, und zwar einmal vorwärts und das andere Mal rückwärts. Nimmt man alsdann aus den entsprechenden Werten das Mittel, so erhält man einigermassen die Kurve, wie sie der Wirklichkeit entspricht.[2])

Teil III.

Abhängigkeit der Intensität und Dämpfung der elektrischen Wellen vom Tageslichte und von der Atmosphäre.

Im Februar des Jahres 1902 erzielte Marconi bei seinen Versuchen mit der Funkentelegraphie auf grössere Entfernungen nachts bedeutendere Reichweiten als am Tage.

Die Experimente wurden in der Weise ausgeführt, dass ein Schiff, mit grossem Luftnetz ausgerüstet, westwärts steuerte, während morgens und mittags von 12 bis 1 Uhr die Poldhu-Station Wellen aussandte, die mittels Kohärer registriert wurden.[3])

1) Kempe, Dissertation; Halle a. S. 1909.

2) Gerth, Dissertation; Halle a. S. 1909.

3) E. T. Z. 1909. Heft 13; im Orig: Marconi, „A note on the effekt of daylight upon the propagation of elektromagnetic impulses over long distances", Proc. Royal Soc. Bd. LXX, No. 463.

Die Resultate waren folgende. Bis zu einer Entfernung von 900 km wurde ein merklicher Unterschied in der Deutlichkeit nicht wahrgenommen; bei ca. 1300 km setzte die Übertragung bei Tage ganz aus, besonders mittags, um bei Nacht bis zu ca. 3800 km noch merkliche Wirkungen zu geben. Nach diesen Versuchen ergibt sich eine fast dreimal so grosse Reichweite der Sendestation bei Nacht wie am Tage.

Marconi glaubte den Grund für diese verschieden grosse Reichweite darin zu suchen, dass er durch das Sonnenlicht in Poldhu eine Zerstreuung der negativen Ladung der Antenne annahm. Es sollte also nach dieser Ansicht die Ursache allein in dem am Sender auftretenden photoelektrischen Effekt beruhen. Eine zweite Erklärung für die verschieden grosse Ausbreitung elektromagnetischer Schwingungen bei Tag und Nacht wurde von J. E. Taylor[1]) gegeben. Nach seiner Auffassung wäre lediglich das zwischen Sende- und Empfangsstation liegende Medium für die Beeinflussung heranzuziehen. In neuester Zeit hat J. Zenneck[2]) bei der Untersuchung des Einflusses der Leitfähigkeit der Luft auf die Fortpflanzung elektromagnetischer Wellen gefunden, dass die Ionisierung der Luft, verursacht durch die Wirkung der ultravioletten Lichtstrahlen und durch geladene Teilchen, die von der Sonne ausgesandt werden, an der Erdoberfläche nur gering ist, und dass infolgedessen der Absorptionskoeffizient elektromagnetischer Schwingungen nur sehr wenig vergrössert wird. Ferner beobachtete er, dass durch den Einfluss des Tageslichtes das Sprühen der Antenne geändert werden kann.

Einer Anregung von J. Zenneck folgend, entschloss sich Dipl.-Ing. Dr. Mosler, die Vorgänge am Sender einer Funkenstation näher zu untersuchen, um auf diese Weise eine Entscheidung der schwebenden Frage herbeizuführen.[3]) Er bestimmte die Dämpfung der Antenne zu verschiedenen Jahres- und Tageszeiten über eine Dauer von mehr als einem Jahre. Es liegen somit Resultate vor bei hohem und niedrigem Sonnenstande. Er nahm die Messungen nur an solchen Tagen vor, an denen Niederschläge nicht zu erwarten waren und längere Zeit vorher trockenes Wetter geherrscht hatte, um Unterschiede des Erdwiderstandes bei schwankendem Feuchtigkeitsgehalte des Bodens auszuschalten.

Er benutzte ein geerdetes Luftleitergebilde, das bei einer Länge von ca. 50 m einen Harfensender mit 14 Einzeldrähten darstellte, und dessen oberes Ende 32 m hoch über der Erde aufgehängt war. Zu seinen Messungen verwendete er die Bjerknessche Methode.

Er untersuchte die Dämpfung des Luftdrahtes bei Tage und bei Nacht sowohl bei Marconierregung als auch bei der Wienschen Stosserregung und fand, dass die aufgenommenen Resonanzkurven vollkommen gleiche Gestalt und dieselbe Breite hatten. Die Dämpfung ist also bei Tag und Nacht die gleiche, mag sie gross oder klein sein. Der Einfluss des photoelektrischen Effektes liess sich nirgends feststellen.

Mosler stellte nun auch noch Versuche an, um den Einfluss des Tageslichtes auf die Reichweite der elektromagnetischen Wellen bei grösseren Entfernungen zu beobachten. Die Beobachtungen wurden ausgeführt zwischen Braunschweig und Berlin resp. Norddeich.[4]) Der Sender arbeitete mit Stosserregung. Der Empfänger wurde so lose wie möglich gekoppelt. Als Indikator diente die Schloemilch-Zelle. Die Zeichen wurden im Telephon beobachtet. Es ergab sich, dass die Lautstärke im Telephon Tag und Nacht genau dieselbe war. Hingegen konnte eine bedeutendere Beeinflussung der Intensität festgestellt werden, wenn Wellen von der ca. 1100 km entfernten Poldhu-Station mit der Harfenantenne der Hochschule in Braunschweig aufgenommen wurden. Mittags waren die Zeichen nur schwach und undeutlich wahrnehmbar, während sie des Nachts sehr klar und deutlich eintrafen.

---

1) E. T. Z. 1909. Heft 13; im Orig: J. E. Taylor, „Electric earth-current, disturbances and their origin", Proc. Royal Soc., Bd. LXXI, No. 471.

2) E. T. Z. 1909. Heft 13, im Orig: J. Zenneck „Über die Fortpflanzung ebener elektromagnetischer Wellen längs einer ebenen Leiterfläche und ihre Beziehung zur drahtlosen Telegraphie", Ann. d. Phys. 4, Bd. 23.

3) E. T. Z. 1909. Heft 13, S. 302.

4) Die Entfernung von Braunschweig bis Berlin resp. Norddeich beträgt 185 km bezw. 300 km.

Auch diese Erscheinung weist darauf hin, dass eine Beeinflussung der sendenden Station nicht vorliegen kann, denn sonst müsste die Änderung der Empfangsintensität auch auf ganz kurze Entfernungen sich zeigen. Es blieb somit nur anzunehmen, dass die Fortpflanzung der Energiestrahlung, sobald es sich um grosse Entfernungen handelt, in Luftschichten von bedeutenderer Höhe vor sich geht. Dies findet durch die theoretische Untersuchung von J. Zenneck[1]) Unterstützung. Er glaubt schliessen zu dürfen, dass die Energiestrahlung nicht parallel mit der Erdoberfläche, sondern unter einem Winkel zu ihr auftrifft, respektive bei dem Sender schräg nach oben in der Richtung der Empfangsstation verläuft.

Auch auf den hiesigen Stationen wurden über diese Frage im Sommersemester des Jahres 1909 Versuche angestellt mit Berücksichtigung des Einflusses der Witterung auf die Strahlung des Senders. Die Ausführung der Untersuchungen geschah folgendermassen. Von der Sendestation wurde mittels loser induktiver Erregung eine Welle von 410 m Länge ausgesandt, und auf der Empfangsstation an den einzelnen Beobachtungstagen unter gleichen Verhältnissen jede halbe Stunde eine Resonanzkurve aufgenommen, aus der dann die Dämpfung berechnet wurde. Die gewonnenen Resultate gibt Tabelle X wieder. Wie aus ihr hervorgeht, ändert sich die Dämpfung im Laufe des

Tabelle X.

Tag	Wetter	Dämpfung	Tag	Wetter	Dämpfung	Tag	Wetter	Dämpfung
28. 4. 09 von 9⁰⁰ vorm. bis 4⁰⁰ nachm.	abwechselnd heiter und trübe	0,096 0,093 0,096 0,097 0,092 0,093 0,093	5. 5. 09 von 9⁰⁰ vorm. bis 4⁰⁰ nachm.	heiter, heftiger NO.-Wind	0,056 0,060 0,056 0,060 0,062 0,064 0,058 0,060	12. 5. 09 von 9⁰⁰ vorm. bis 4⁰⁰ nachm.	heiter, heftiger W.-Wind. Gewitter-neigung	0,061 0,067 0,068 0,066 0,067 0,065 0,068 0,067

Tages nicht; sie wird von der Witterung nicht beeinflusst. Die einzelnen Schwankungen während eines Tages liegen innerhalb der Beobachtungsgrenzen. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Tagen sind in der Anmerkung[2]) erklärt.

Es liegen nun auch Resultate über Dämpfungsmessungen für eine Nachtbeobachtung vor. Damit nun ein Vergleich mit den Tagesbeobachtungen möglich wurde, wurde in der Sendestation von $2^h\ 15^m$ nachmittags des 19. Mai 1909 bis 6^h morgens des 20. Mai 1909 unter gleichen Verhältnissen gegeben, und in der Empfangsstation, deren System während der ganzen Untersuchung ebenfalls konstant blieb, alle 20 Minuten eine Resonanzkurve aufgenommen. Der Himmel war Tag und Nacht wolkenlos. Es herrschte vollkommene Windstille. Die in der Tabelle XI zusammengestellten Resultate zeigen, dass die Beobachtungen gleiche Dämpfungen für Tag und Nacht ergeben. Somit fällt die Annahme Marconis, den photoelektrischen Effekt am Sender anzunehmen, vollkommen.

Es fragt sich nun weiter, ob eine Einwirkung des Tageslichtes auf die Strahlungsenergie des Senders zu konstatieren ist. Um dies festzustellen, wurden genau zu den gleichen Zeitpunkten sowohl in der Sendestation wie auch auf der Empfangsstation unter genau denselben Verhältnissen viele Stunden hindurch am Tage wie auch in der Nacht Amplitudenkurven aufgenommen. Bildet man dann

1) „E. T. Z." 1909, Heft 13, S. 303, im Orig: J. Zenneck, „Über die Wirkungsweise des Senders für gerichtete drahtlose Telegraphie", „Phys. Zeitschrift", Bd. 9, 1908, S. 553, und „E. T. Z." 1908, S. 1128.

2) In der Sendestation wurde an den verschiedenen Tagen mit verschiedener Intensität gegeben. Um nun in der Empfangsstation exakte Dämpfungsmessungen vornehmen zu können, welche Ausschläge im Galvanometer von über 100 Skalenteilen nötig machen, musste die Kopplung enger gemacht werden. Je enger die Kopplung wird, desto grösser ist die Dämpfung. Es betrug die Kopplung am 28. 4.: $^{I}/_{II} = 170$ mm, $^{II}/_{III} = 160$ mm; am 5. 5.: $^{I}/_{II} = {}^{II}/_{III} = 250$ mm; am 12. 5.: $^{I}/_{II} = 250$ mm, $^{II}/_{III} = 230$ mm.

Tabelle XI.

$^{I}/_{II} = {}^{II}/_{III} = 200$ mm.

Zeit	Dämpfung	Zeit	Dämpfung	Zeit	Dämpfung
2^{35}	0,075	7^{35}	0,077	12^{40}	0,075
2^{55}	0,078	7^{55}	0,077	1^{05}	0,077
3^{10}	0,079	[8^{20}	0,084]	2^{30}	0,075
3^{30}	0,077	[8^{40}	0,085]	2^{50}	0,077
3^{50}	0,075	10^{00}	0,077	3^{10}	0,077
4^{10}	0,075	10^{40}	0,078	3^{30}	0,077
4^{30}	0,073	11^{00}	0,078	3^{50}	0,079
6^{00}	0,076	11^{20}	0,077	4^{10}	0,075
6^{35}	0,078	11^{40}	0,078	4^{30}	0,079
7^{00}	0,078	12^{00}	0,077	5^{10}	0,079
7^{20}	0,077	12^{25}	0,078	5^{25}	0,079
				5^{40}	0,077

aus den entsprechenden Werten der Sende- und der Empfangsstation das Verhältnis, so kann man sich ein Bild von dem Verhalten der Strahlungsenergie machen. Am 15. Juli und an fünf aufeinander folgenden Tagen, vom 9. bis zum 13. August des Jahres 1909 wurde von $1^h\,45^m$ nachmittags bis $10^h\,30^m$ nachts beobachtet. Das Wetter war am 15. Juli schwül und anfänglich trübe. Im Laufe der Beobachtung klärte es sich auf. Um 4 Uhr trat ein Gewitter auf, welches bis 5 Uhr anhielt. Hiernach herrschte wieder klares Wetter. An den übrigen Tagen war das Wetter vorwiegend heiter und trocken, nur am letzten Tage, am 13. August, setzte abends um 6 Uhr Regen ein, der ungefähr eine Stunde anhielt. Die Resultate dieser Beobachtungsreihe gibt Tabelle XII wieder.

Wie aus ihr ersichtlich, ist das Übersetzungsverhältnis in der Nacht etwas grösser als dasjenige am Tage. Der Unterschied ist jedoch sehr gering. Eine bestimmte Aussage darüber, dass die elektrischen Wellen in der Nacht besser ausgestrahlt werden als am Tage, kann also nicht gemacht werden.

Wie schon erwähnt, setzte am sechsten Tage abends um 6 Uhr Regen ein, der ungefähr eine Stunde anhielt. Es trat nun folgendes auf. Beim Einsetzen des Regens sank die Empfangswirkung um ca. 22 %; zu gleicher Zeit nahm auch die Energie im Sender ab, jedoch nicht in dem Masse wie die Wirkung im Empfänger. Die Folge davon war, dass das Übersetzungsverhältnis kleiner wurde. Dieselbe Erscheinung war schon einmal aufgetreten, nämlich bei der Untersuchung über den Einfluss des Tageslichtes auf die Strahlung der elektrischen Wellen am 8. Juli 1909. Diese Beobachtung erstreckte sich von $9^h\,15^m$ vormittags des 8. Juli 1909 bis 6^h morgens des 9. Juli 1909. Während dieser Zeit regnete es fast ununterbrochen von 2^h nachmittags bis $3^h\,30^m$ nachts. Dies hatte zur Folge, dass das Übersetzungsverhältnis von 0,730 auf 0,091 sank. Die Resultate dieser Beobachtung gibt umstehende Tabelle XIII wieder.

Es war nun nicht ausgeschlossen, dass man als Grund dieser Erscheinung die Isolation der Harfen ansehen konnte. Nach ihrer Verbesserung jedoch erhielt man beim Auftreten von Regen ein analoges Beobachtungsresultat. Da nun die Dämpfung der Wellen während der ganzen Beobachtungszeit völlig konstant blieb, wie aus Tabelle XIV hervorgeht, so darf man die Änderung des Übersetzungsverhältnisses nicht auf einen Isolationsfehler zurückführen.

An der Hand der hier dargestellten Beobachtungen lässt sich ein völlig klares Bild über die Faktoren, welche beim Regen die Verminderung des Übersetzungsverhältnisses hervorgerufen haben, nicht geben; denn das eine Mal (s. Tabelle XIII) sinkt das Übersetzungsverhältnis ganz erheblich, nachdem der Regen aufhört, das andere Mal (s. Tabelle XII, 13. 8. 09) beginnt es beim Einsetzen von Regen ganz allmählich zu sinken und steigt dann wieder an, als es aufhört zu regnen.

Die Beobachtungen werden darüber auf den Stationen noch weiter fortgesetzt.

Tabelle XII.

Zeit	I. Tag. 15. 7. 09			II. Tag. 9. 8. 09			III. Tag. 10. 8. 09			IV. Tag. 11. 8. 09			V. Tag. 12. 8. 09			VI. Tag. 13. 8. 09			Wetter
	Amplitude (β_1) für E. St.	Amplitude (β_2) für S. St.	$\beta_1 : \beta_2$	β_1	β_2	$\beta_1 : \beta_2$	β_1	β_2	$\beta_1 : \beta_2$	β_1	β_2	$\beta_1 : \beta_2$	β_1	β_2	$\beta_1 : \beta_2$	β_1	β_2	$\beta_1 : \beta_2$	
2^{00}	—	—	—	145	149	0,971	142	142	1,000	163	174	0,937	143	162	0,882	159	156	1,010	trübe,
2^{15}	153	108	1,415	145	146	0,991	143	140	1,021	162	171	0,949	142	159	0,893	156	153	1,010	schwül,
2^{30}	154	108	1,425	145	143	1,014	142	141	1,009	162	170	0,952	141	159	0,887	152	146	1,020	trocken
2^{45}	152	106	1,435	148	143	1,041	141	139	1,017	161	170	0,948	143	160	0,894	144	144	1,000	
3^{00}	158	107	1,480	149	143	1,048	141	138	1,021	160	168	0,952	144	160	0,900	142	146	0,972	
3^{15}	152	107	1,420	151	144	1,048	140	137	1,021	157	169	0,929	147	160	0,919	142	145	0,980	
3^{30}	153	107	1,430	150	146	1,027	142	136	1,043	159	169	0,940	143	160	0,894	142	145	0,980	
3^{45}	152	106	1,435	150	145	1,034	142	136	1,043	161	170	0,952	141	155	0,910	145	147	0,988	
4^{00}	155	106	1,460	152	145	1,046	140	138	1,009	159	171	0,930	139	155	0,899	144	145	0,993	
4^{15}	—	—	—	152	145	1,046	142	137	1,018	160	172	0,946	140	154	0,910	142	144	0,988	
4^{30}	—	—	—	151	145	1,040	140	138	1,009	158	169	0,946	140	155	0,904	141	144	0,980	
4^{45}	—	—	—	152	145	1,046	141	139	1,017	158	171	0,925	140	154	0,910	142	145	0,980	
5^{00}	—	—	—	154	143	1,079	143	139	1,029	160	169	0,946	141	152	0,929	141	143	0,982	
5^{15}	—	—	—	154	142	1,082	146	139	1,052	163	167	0,977	140	147	0,950	145	142	1,010	
	Mittel:		1,438	Mittel:		1,037	Mittel:		1,022	Mittel:		0,943	Mittel:		0,906	Mittel:		0,992	Regen
6^{45}	—	—	—	154	145	1,061	150	143	1,049	155	161	0,961	151	168	0,900	157	167	0,940	
7^{00}	165	117	1,410	150	144	1,041	145	140	1,039	156	158	0,989	153	170	0,900	137	154	0,890	
7^{15}	165	112	1,475	151	143	1,050	146	142	1,019	157	161	0,978	148	163	0,910	127	148	0,860	
7^{30}	165	109	1,515	150	140	1,073	144	139	1,039	159	164	0,970	157	165	0,951	127	149	0,851	
7^{45}	164	107	1,535	150	135	1,113	146	139	1,059	100	103	0,971	153	164	0,933	121	143	0,848	
8^{00}	161	107	1,510	147	135	1,089	147	140	1,050	104	104	1,000	152	165	0,922	122	146	0,838	
8^{15}	158	107	1,480	148	135	1,098	143	140	1,011	102	105	0,972	155	165	0,940	124	146	0,850	Regen
8^{30}	157	107	1,465	148	139	1,062	155	153	1,017	102	104	0,981	153	168	0,910	126	146	0,861	hört
8^{45}	160	107	1,500	149	143	1,041	164	156	1,051	102	104	0,981	152	164	0,928	129	150	0,860	auf,
9^{00}	160	108	1,485	153	144	1,070	164	157	1,043	158	161	0,981	154	163	0,944	135	150	0,900	bis
9^{15}	159	107	1,485	154	145	1,062	165	157	1,051	154	157	0,981	152	164	0,928	140	154	0,910	zum
9^{30}	162	107	1,515	155	144	1,079	165	155	1,065	147	155	0,949	153	162	0,945	141	156	0,904	Schluß
9^{45}	165	106	1,560	154	146	1,057	158	154	1,026	148	158	0,939	152	163	0,933	149	159	0,939	wieder
10^{00}	161	106	1,520	158	146	1,081	158	155	1,020	146	158	0,925	150	159	0,980	154	162	0,950	trocken
10^{15}	160	106	1,510	154	146	1,057	158	154	1,026	146	156	0,935	148	155	0,955	154	166	0,930	
	Mittel:		1,498	Mittel:		1,064	Mittel:		1,038	Mittel:		0,967	Mittel:		0,932	Mittel:		0,888	

Tabelle XIII.

Zeit	Amplitude (β_1) für E. St.	Amplitude (β_2) für S. St.	$\beta_1 : \beta_2$	Wetter	Zeit	Amplitude (β_1) für E. St.	Amplitude (β_2) für S. St.	$\beta_1 : \beta_2$	Wetter
9^{15}	127	173	0,734	halb bewölkt, trocken	8^{15}	45	114	0,395	Regen
9^{30}	122	171	0,712		8^{30}	48	118	0,407	
9^{45}	123	168	0,731		8^{45}	47	115	0,409	
10^{00}	119	168	0,709		9^{00}	46	114	0,404	
10^{15}	121	165	0,733		9^{15}	46	116	0,397	
10^{30}	121	170	0,724		9^{30}	55	119	0,462	
10^{45}	120	168	0,714		9^{45}	53	118	0,449	
11^{00}	126	168	0,750		10^{45}	54	117	0,461	
11^{15}	124	167	0,741		11^{00}	54	118	0,458	
11^{30}	126	173	0,729		11^{15}	52	117	0,445	
11^{45}	130	176	0,740		11^{30}	52	116	0,449	
12^{00}	126	175	0,740		11^{45}	51	117	0,435	
12^{15}	128	179	0,716		12^{00}	51	117	0,435	
12^{30}	129	180	0,717		12^{15}	51	114	0,448	
12^{45}	121	180	0,672		12^{30}	50	116	0,430	
2^{30}	110	165	0,668	Regen	1^{00}	49	111	0,441	
2^{45}	113	162	0,699		1^{15}	48	114	0,421	
3^{00}	112	164	0,682		1^{30}	47	114	0,413	
3^{15}	106	160	0,663		2^{30}	52	125	0,416	
3^{45}	104	159	0,655		2^{45}	55	123	0,447	
4^{00}	100	147	0,680	starker Regen	3^{00}	56	126	0,444	Regen hört völlig auf.
4^{15}	78	126	0,620		3^{15}	56	129	0,434	
4^{30}	71	122	0,581		3^{30}	57	128	0,445	
4^{45}	72	128	0,562		3^{45}	51	113	0,451	
5^{00}	23	129	0,178	Regen hört auf; wenig Regen	4^{00}	50	114	0,439	
5^{15}	25	135	0,185		4^{15}	51	114	0,448	
5^{30}	26	146	0,178		4^{30}	52	121	0,430	
5^{45}	29	152	0,191		4^{45}	51	125	0,418	
6^{15}	27	156	0,174		5^{00}	60	132	0,455	
6^{30}	13	144	0,091		5^{15}	64	139	0,460	
6^{45}	13	144	0,091		5^{30}	65	140	0,465	
7^{00}	13	140	0,093		5^{45}	65	140	0,465	
7^{15}	12	133	0,091		6^{00}	66	140	0,471	
7^{30}	11	113	0,098						
7^{45}	33	114	0,290						
8^{00}	45	115	0,391						

Tabelle XIV.

Zeit	Dämpfung in der E. St.	Dämpfung in der S. St.
2^{00}	0,074	0,085
5^{15}	0,073	0,083
6^{45}	0,078	0,085
7^{30}	0,077	—
8^{30}	0,074	—
9^{30}	0,074	—
10^{15}	0,073	0,085

Zusammenfassung.

Die mitgeteilten Untersuchungen haben folgende Resultate ergeben:

1. Die Beobachtung von Herrn Dr. Kempe ist bestätigt worden: durch Abstimmung des Indikatorkreises wird die Wirkung im Barretter erhöht.
2. Für diesen Fall gibt es sowohl für die Kopplung des zweiten an den ersten Kreis, als auch für diejenige des dritten an den zweiten Kreis ein Optimum der Wirkung.
3. Die Stellung des Optimums der einen Kopplung ist von der Grösse der anderen Kopplung abhängig.
4. Mit wachsendem Widerstande nimmt die Amplitude der elektrischen Wellen dauernd ab, ihre Dämpfung dagegen zu. Diese Zunahme ist linear.
5. Die Amplitudenkurven, welche man für die in den Primär- resp. Antennenkreis eingeschalteten Widerstände sowohl in der Sende- als auch in der Empfangsstation erhalten hat, laufen nahezu parallel. Die entsprechenden Dämpfungsgeraden dagegen schneiden sich.
6. Der in den Indikatorkreis des Empfangssystems eingeschaltete Widerstand hat keinen Einfluss auf die Dämpfung.
7. Durch Dämpfungsmessungen zu verschiedenen Tageszeiten wird der Einfluss der Atmosphäre und des Tageslichtes auf die elektrischen Wellen untersucht und hierbei gefunden, dass die Dämpfung bei Tag und Nacht keine Unterschiede aufweist.
8. Es wird festgestellt, dass die elektrischen Wellen vom Regen beeinflusst werden.

Zum Schlusse dieser Arbeit drängt es mich, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. K. Schmidt, dem ich die Anregung zu dieser Arbeit verdanke, und der durch das mir bewiesene Interesse sowie durch fördernden Rat meine Untersuchungen unterstützt hat, meinen ergebensten Dank auszusprechen.

Lebenslauf.

Geboren bin ich, Wilhelm Otto Güldenpfennig, evangelischer Konfession, am 22. August 1884 zu Gardelegen (Altmark) als Sohn des 1885 verstorbenen Rentiers Wilhelm Güldenpfennig und seiner Ehefrau Bertha geb. Teitge. Meinen ersten Schulunterricht genoss ich auf der Vorschule zu Gardelegen, trat Ostern 1893 in die städtische Realschule ein, die ich Ostern 1901 mit der Berechtigung zum einjährig-freiwilligen Militärdienst verliess, um zur Guerickeschule (Oberrealschule) zu Magdeburg überzugehen. Hier bestand ich Ostern 1905 die Reifeprüfung. Seit dieser Zeit habe ich mich an den Universitäten Berlin und Halle dem Studium der Mathematik und Naturwissenschaften gewidmet. Im Sommersemester 1907 musste ich mein Studium aus Gesundheitsrücksichten unterbrechen. Am 28. November 1910 bestand ich das Examen rigorosum.

Teilgenommen habe ich an den Vorlesungen, Seminarien und Übungen der folgenden Herren Professoren und Dozenten:

in Berlin:

Albu, v. Bezold, Claisen, Drude (†), Frobenius, Grüneisen, Helmert, Hettner, Hintze, Knoblauch, Lasson, R. Lehmann, Lehmann-Filhés, Markwald, Münch, Pringsheim, Riehl, Rœthe, Rosin, Rubens, Schlüter, Schur, H. A. Schwarz, Simons, Valentiner, Vierkandt;

in Halle:

Buchholz, Dorn, Ebbinghaus (†), Fries, Gutzmer, Martiny, K. Schmidt, Wangerin.

Aller meiner Lehrer, besonders der Herren Professoren Gutzmer und K. Schmidt, werde ich mich stets als dankbarer Schüler erinnern.

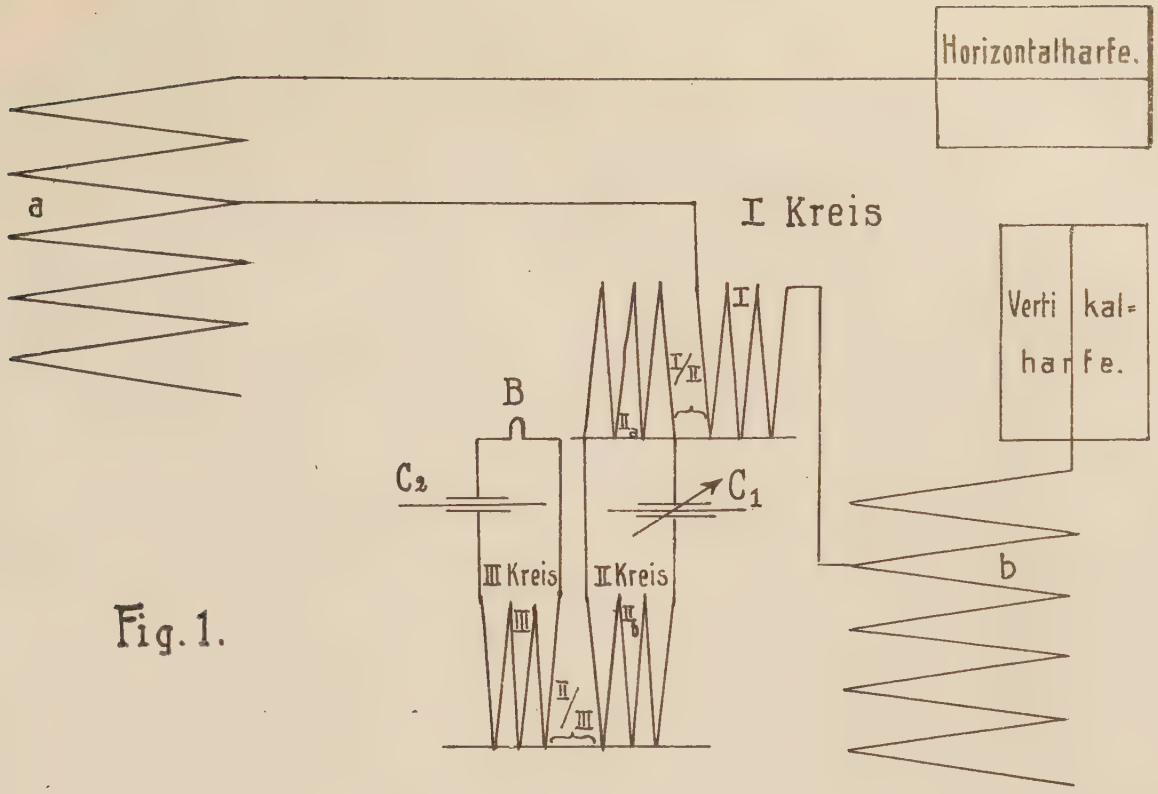

Horizontalharfe.
a
I Kreis
Verti kal-
harfe.
B
C₂
C₁
III Kreis
II Kreis
b

Fig. 1.

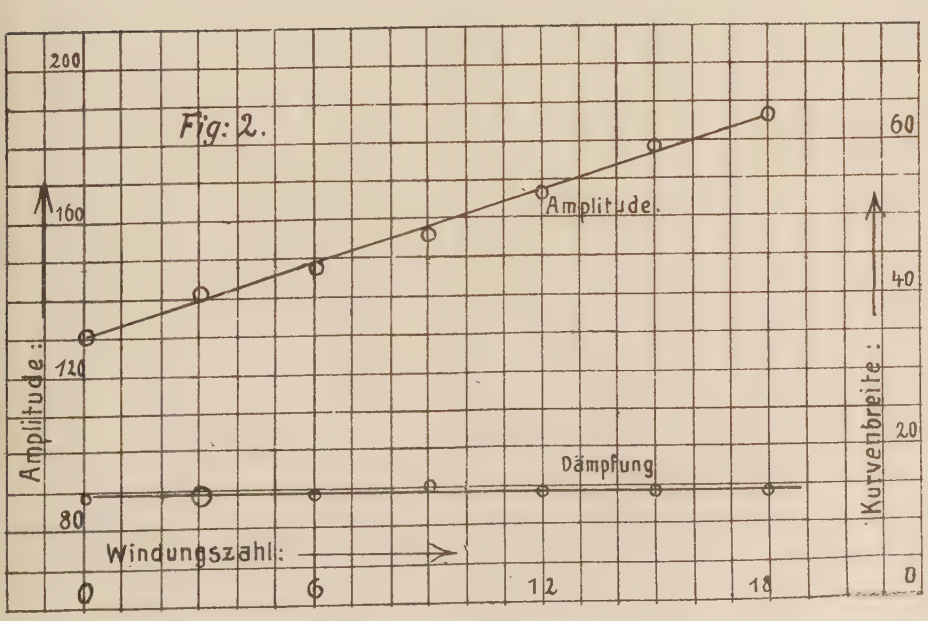


Fig. 2.
200
160
120
80
Amplitude:
Amplitude.
Dämpfung
Windungszahl:
0
6
12
18
60
40
20
0
Kurvenbreite:

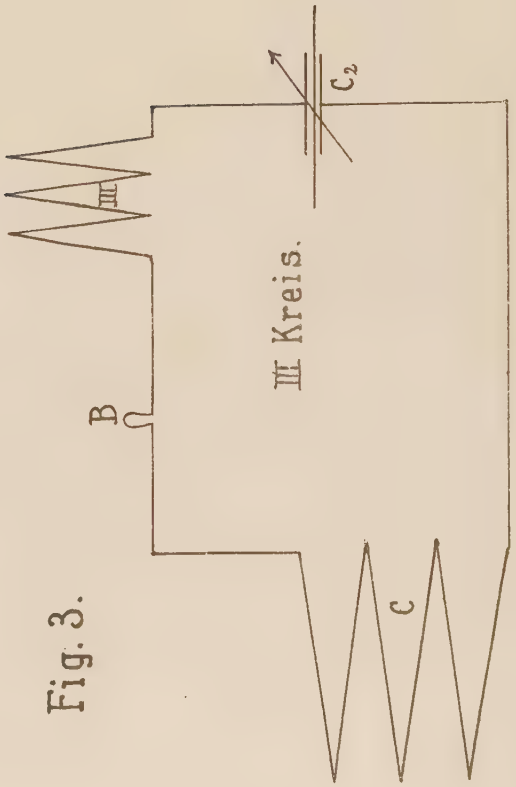

C₂
III
III Kreis.
B
C

Fig. 3.

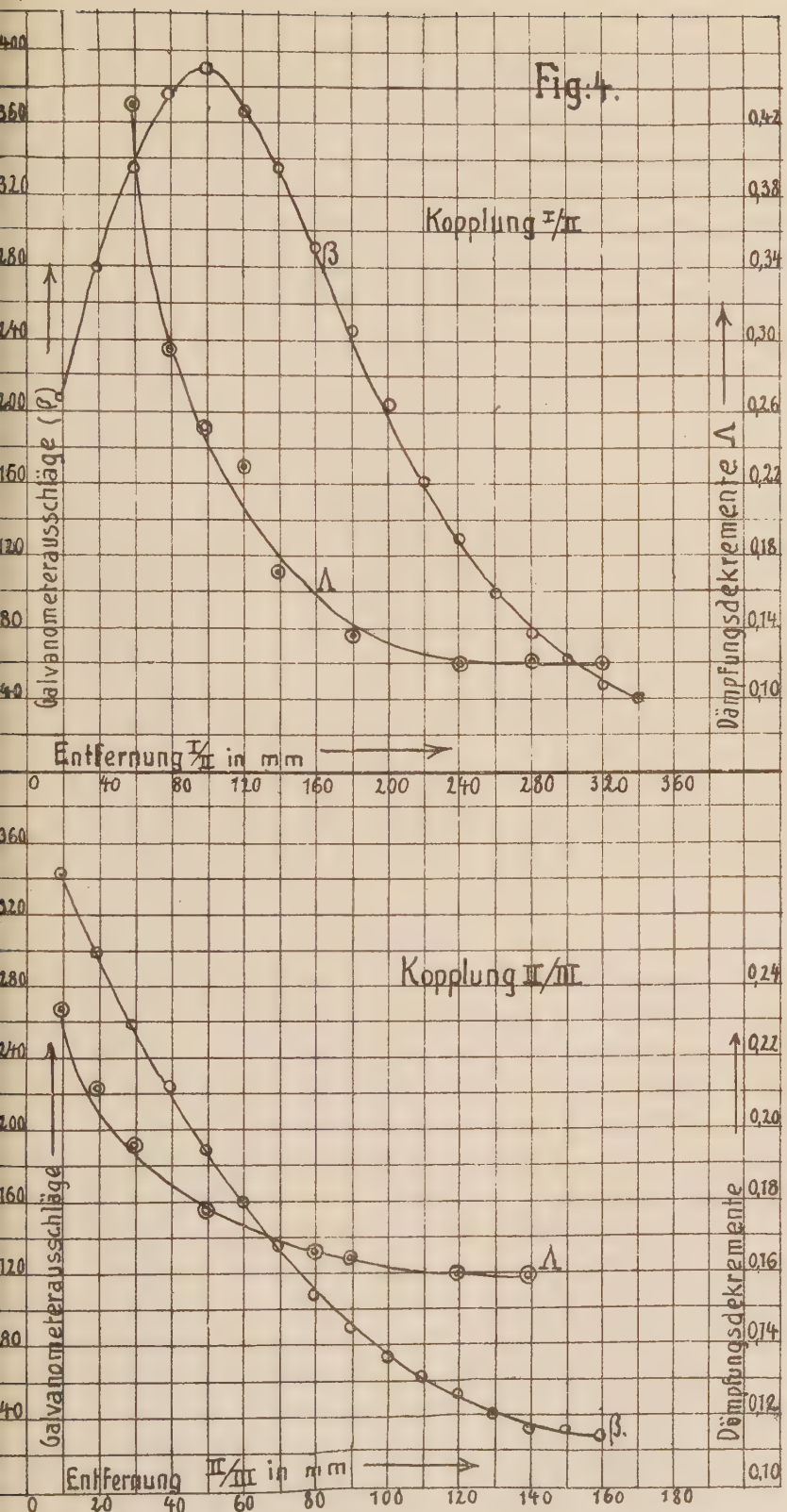


Fig:4.
Kopplung I/II
β
Λ
Galvanometerausschläge (β)
Dämpfungsdekremente Λ
Entfernung I/II in mm
0 40 80 120 160 200 240 280 320 360
0,42 0,38 0,34 0,30 0,26 0,22 0,18 0,14 0,10

Kopplung II/III
Λ
β.
Galvanometerausschläge
Dämpfungsdekremente
Entfernung II/III in mm
0 20 40 60 80 100 120 140 160 180
0,24 0,22 0,20 0,18 0,16 0,14 0,12 0,10

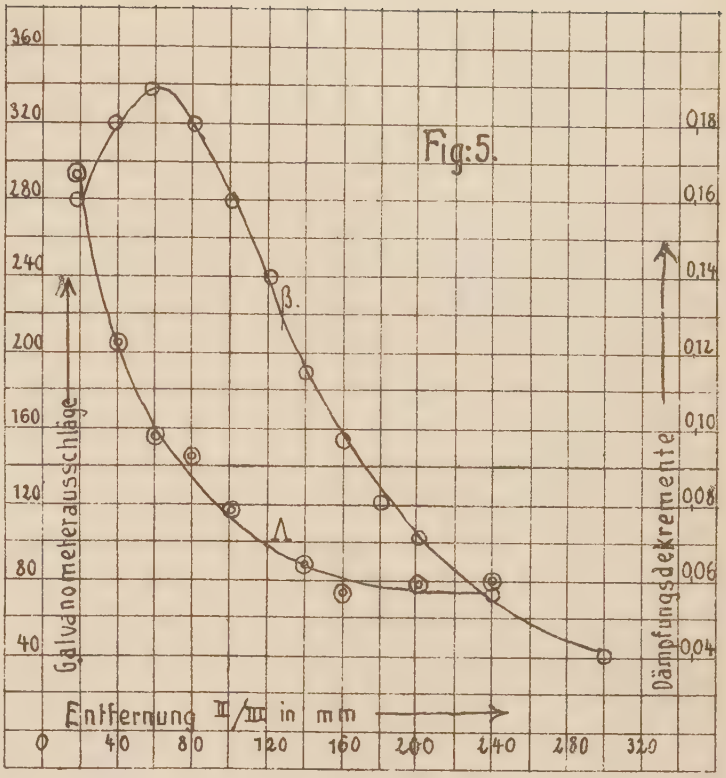


Fig:5.
β.
Λ
Galvanometerausschläge
Dämpfungsdekremente
Entfernung II/III in mm
0 40 80 120 160 200 240 280 320
0,18 0,16 0,14 0,12 0,10 0,08 0,06 0,04

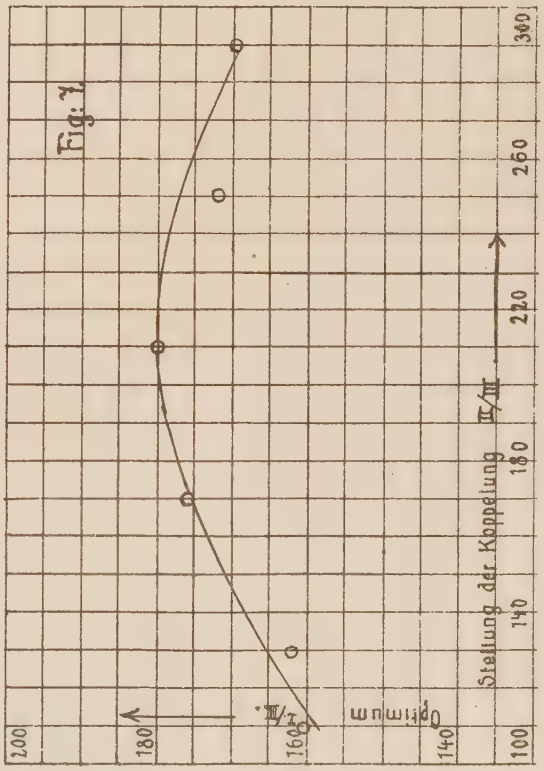


Fig:7
Stellung der Koppelung II/III
Optimum
260 220 180 140 100

Fig:6.
160
II/III = 110 mm
162
II/III = 130 mm
176
II/III = 170 mm
180
II/III = 210 mm
172
II/III = 250 mm
170
II/III = 290 mm
Maximalgalvanometerausschläge.
Entfernung II/II in mm
1040
960
880
800
720
640
560
480
400
320
240
160
80
0
40
80
120
160
200
240
280
320
360

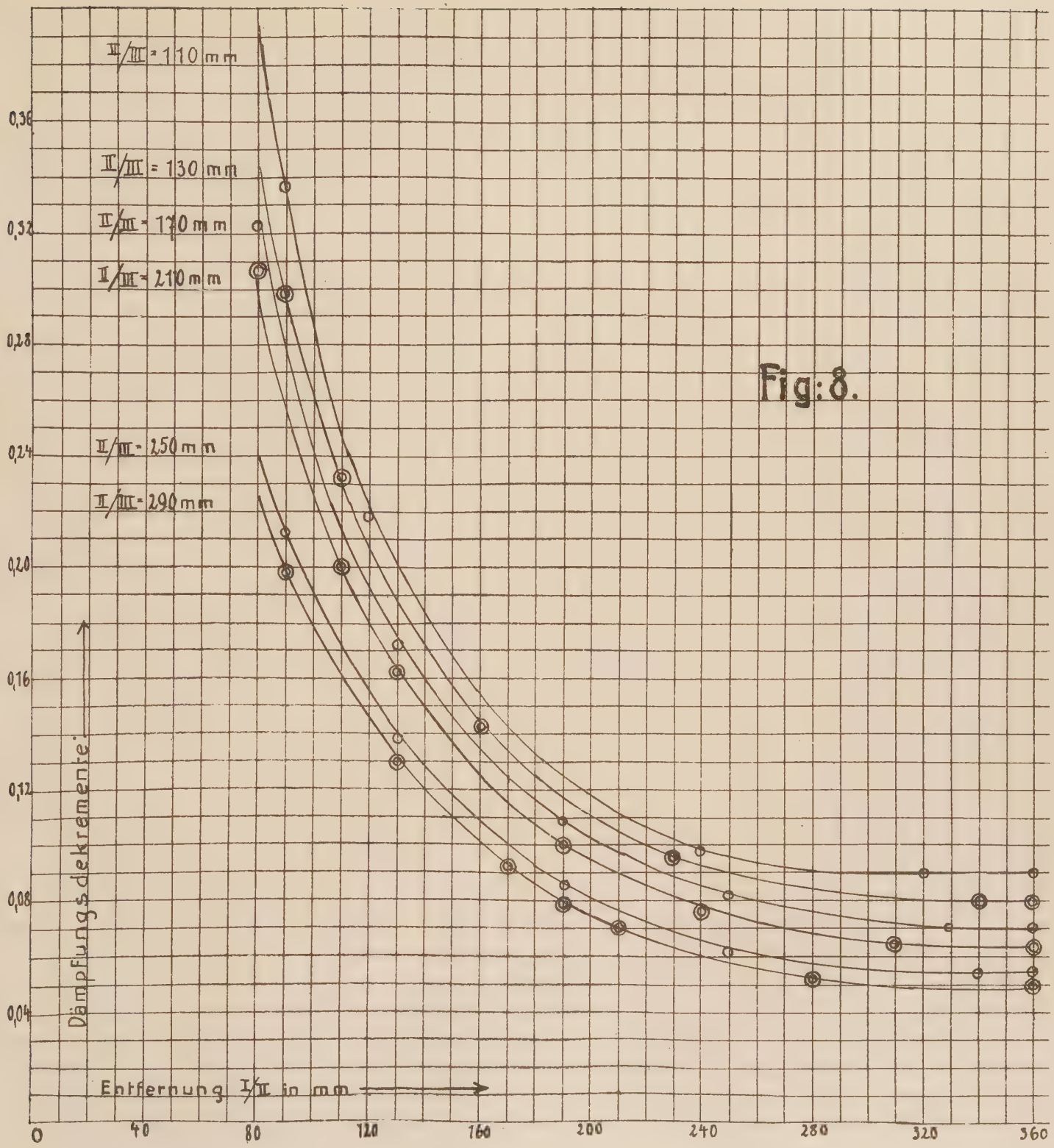

II/III = 110 mm
II/III = 130 mm
II/III = 170 mm
II/III = 210 mm
II/III = 250 mm
II/III = 290 mm
0,36
0,32
0,28
0,24
0,20
0,16
0,12
0,08
0,04
Dämpfungsdekremente
Entfernung I/II in mm
0
40
80
120
160
200
240
280
320
360

Fig: 8.

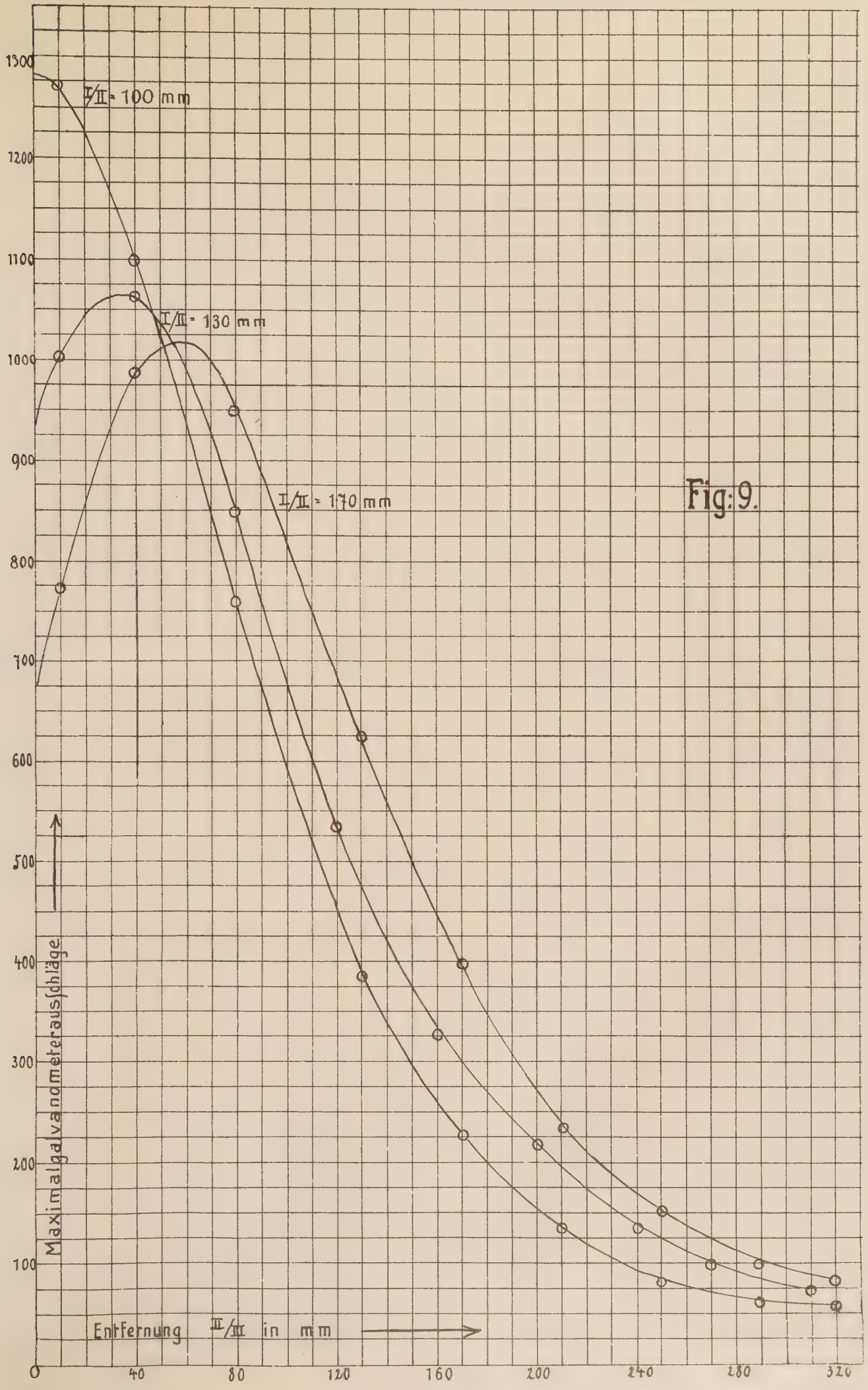

I/II = 100 mm
I/III = 130 mm
II/III = 170 mm
Maximalgalvanometerausschläge
Entfernung III/III in mm
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
40
80
120
160
200
240
280
320

Fig: 9.

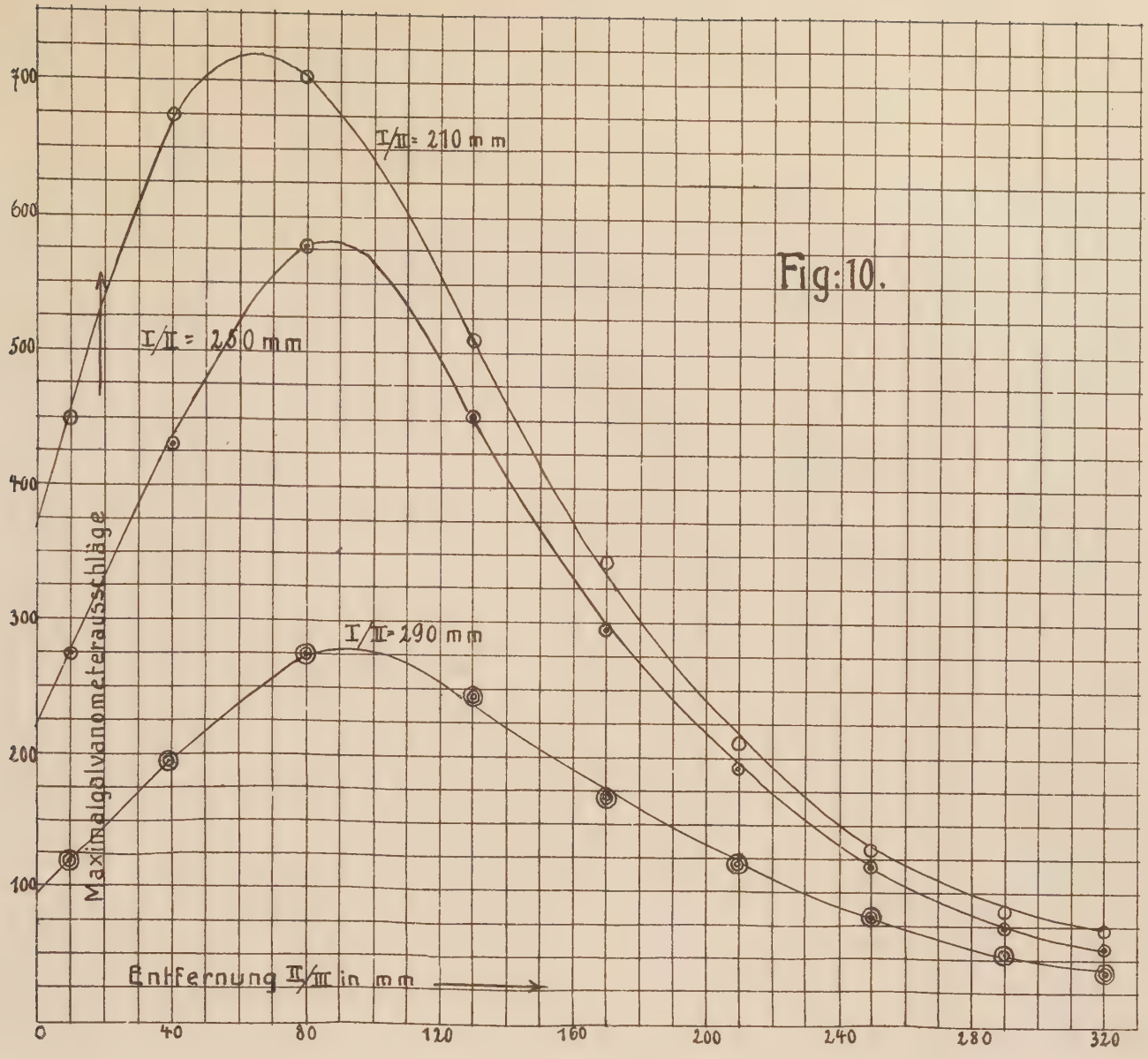

I/III = 210 mm
I/II = 250 mm
I/III = 290 mm
Maximalgalvanometerausschläge
Entfernung II/III in mm
700
600
500
400
300
200
100
0
40
80
120
160
200
240
280
320

Fig: 10.

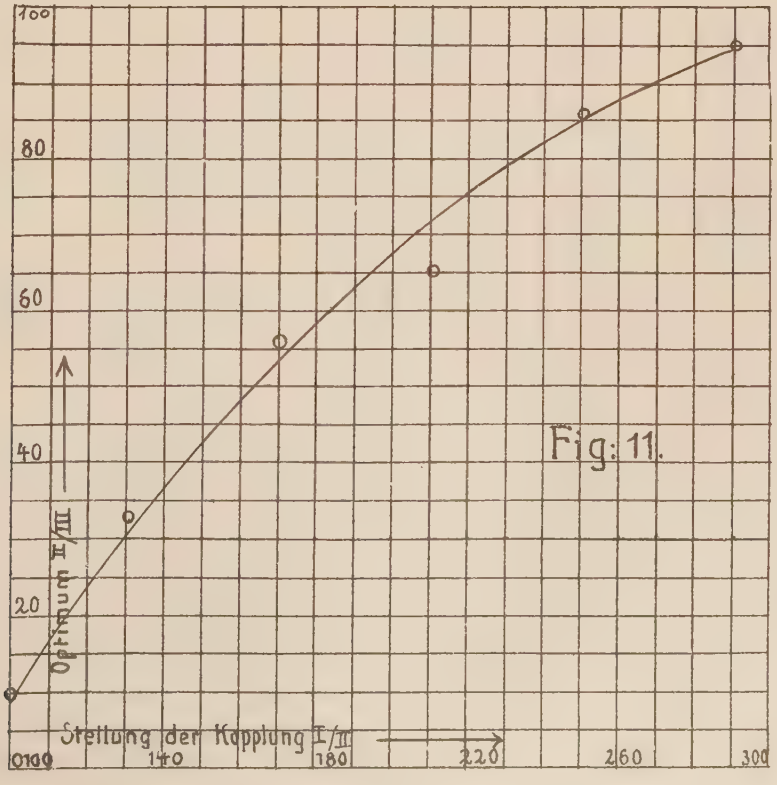

100
80
60
40
20
Optimum II/III
Stellung der Kopplung I/II
0100
140
180
220
260
300

Fig: 11.

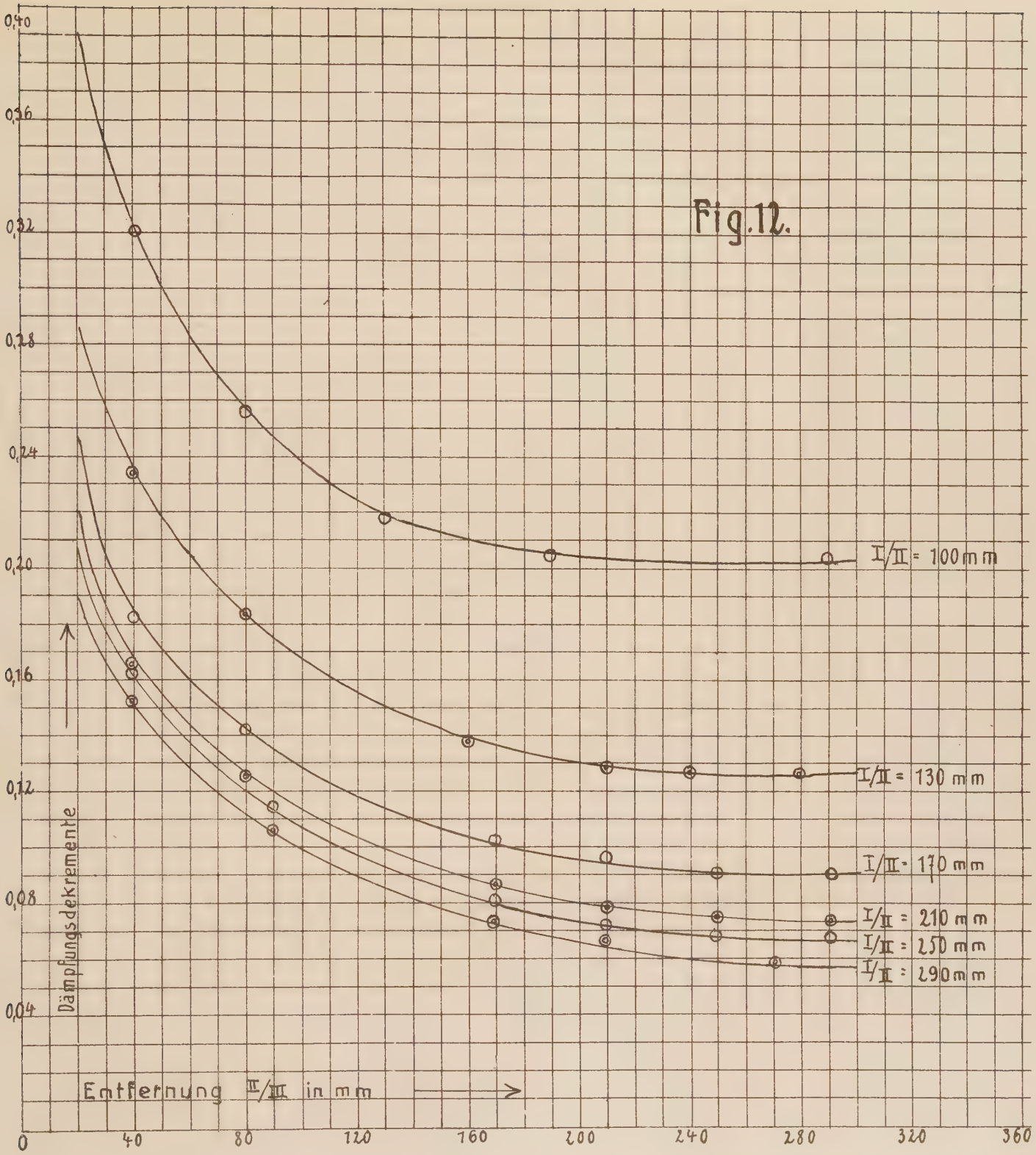
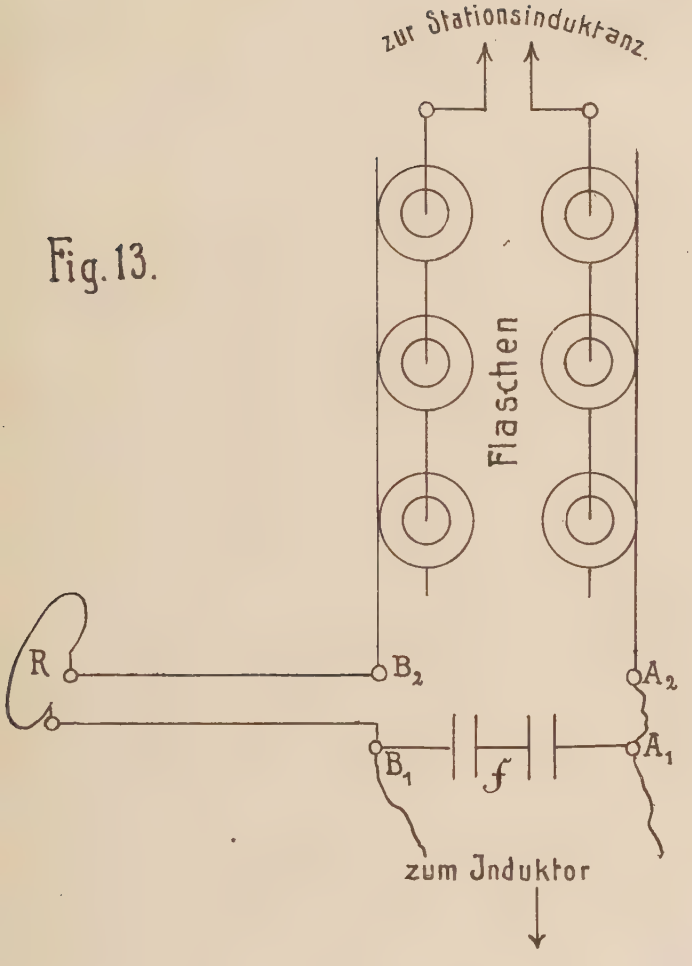


Fig. 12.
0,40
0,36
0,32
0,28
0,24
0,20
0,16
0,12
0,08
0,04
Dämpfungsdekremente
Entfernung II/III in mm
0
40
80
120
160
200
240
280
320
360
I/II = 100 mm
I/II = 130 mm
I/II = 170 mm
I/II = 210 mm
I/II = 250 mm
I/II = 290 mm

Fig. 13.


zur Stationsinduktranz.
Flaschen
R
B2
A2
B1
f
A1
zum Jnduktor

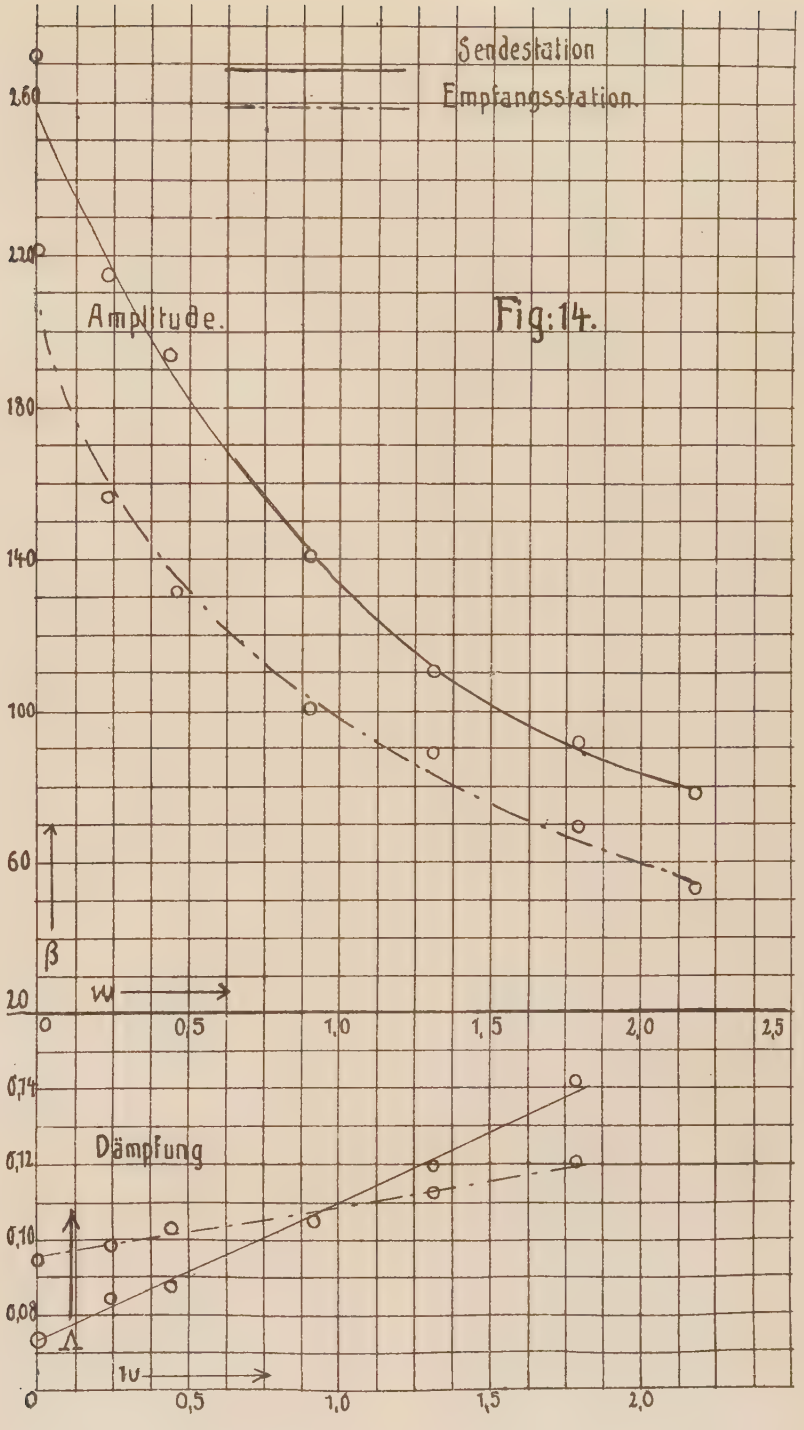

Sendestation
Empfangsstation.
Amplitude.
Dämpfung
β
w
λ
ν
2,60
2,20
180
140
100
60
2,0
0
0,5
1,0
1,5
2,0
2,5
0,14
0,12
0,10
0,08

Fig: 14.

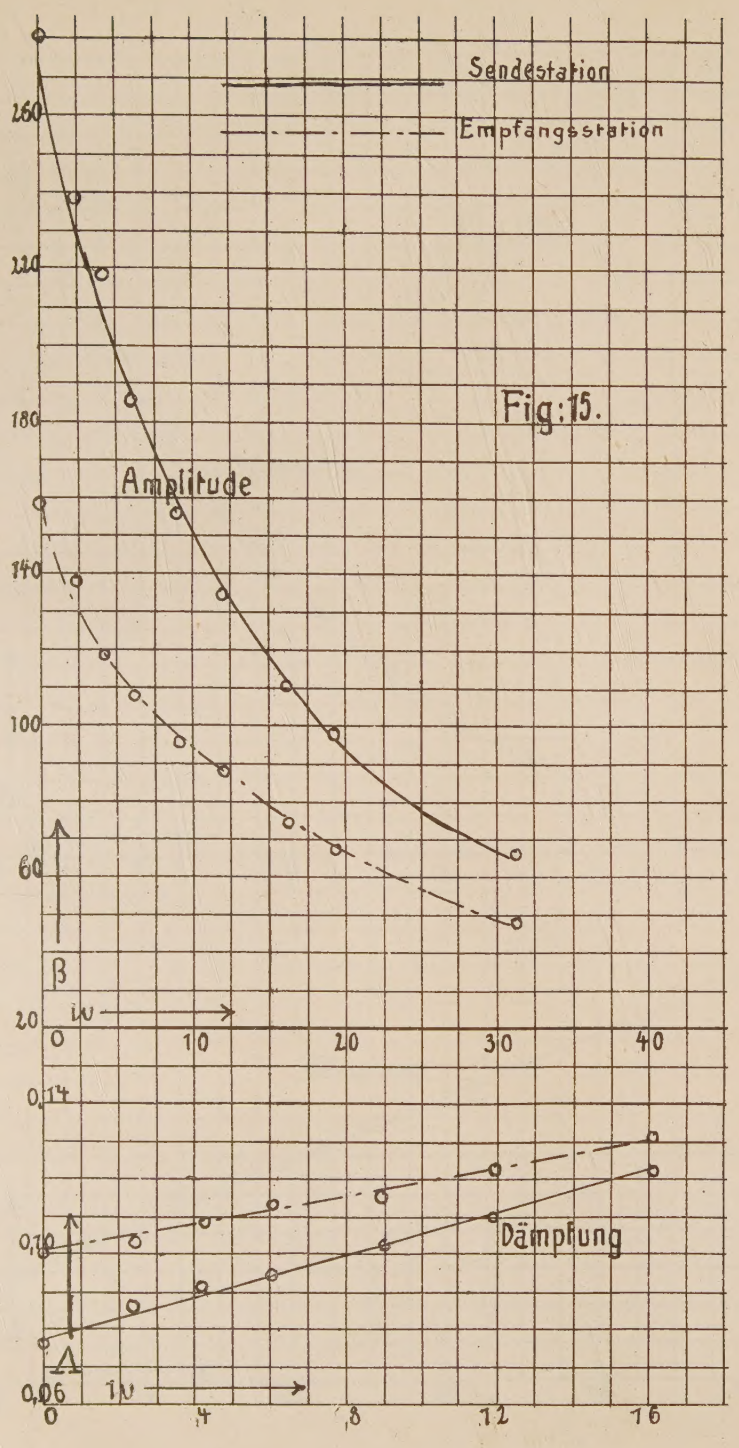

Sendestation
Empfangsstation
Amplitude
β
iw
Dämpfung
Λ
iw

Fig:15.

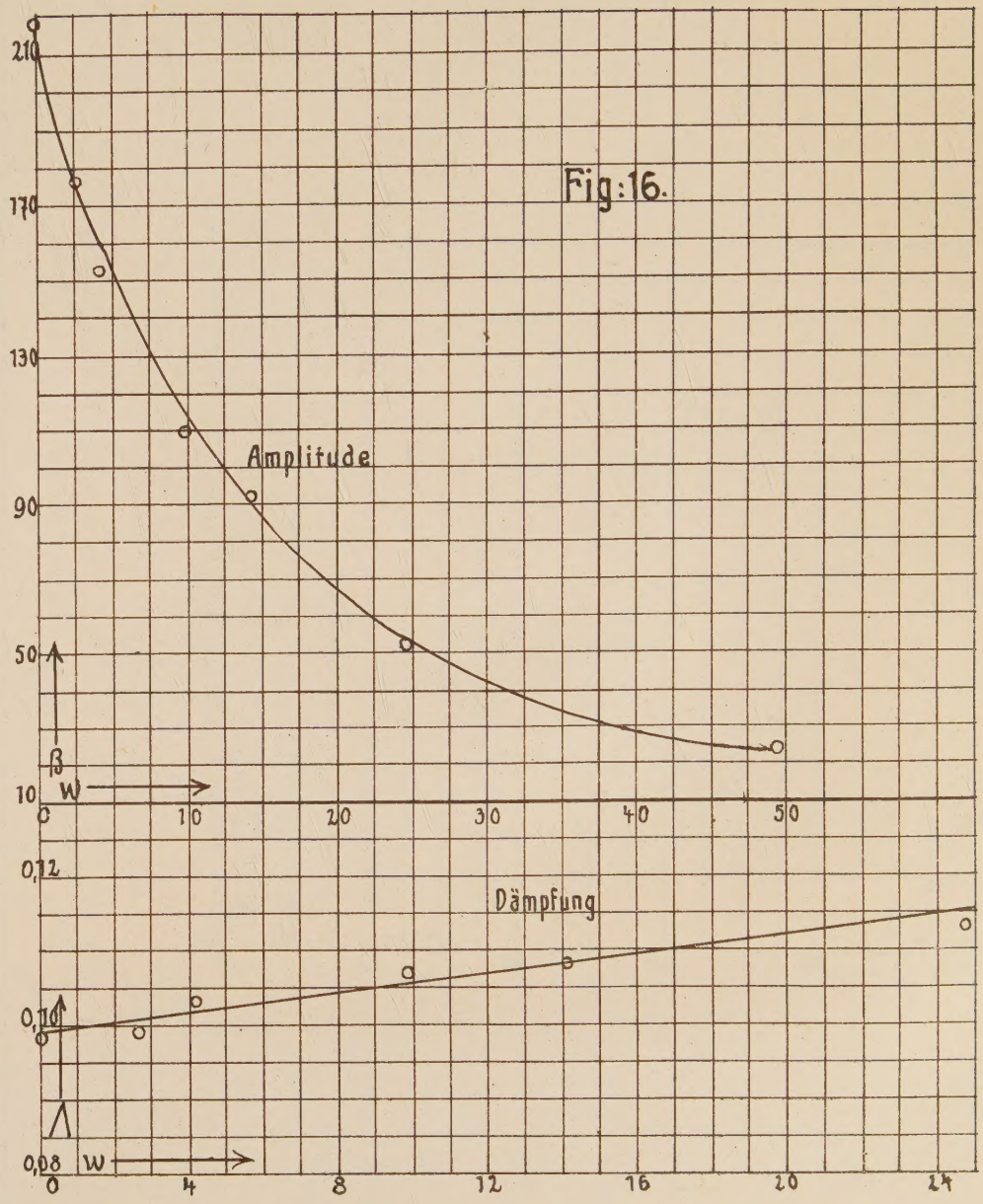
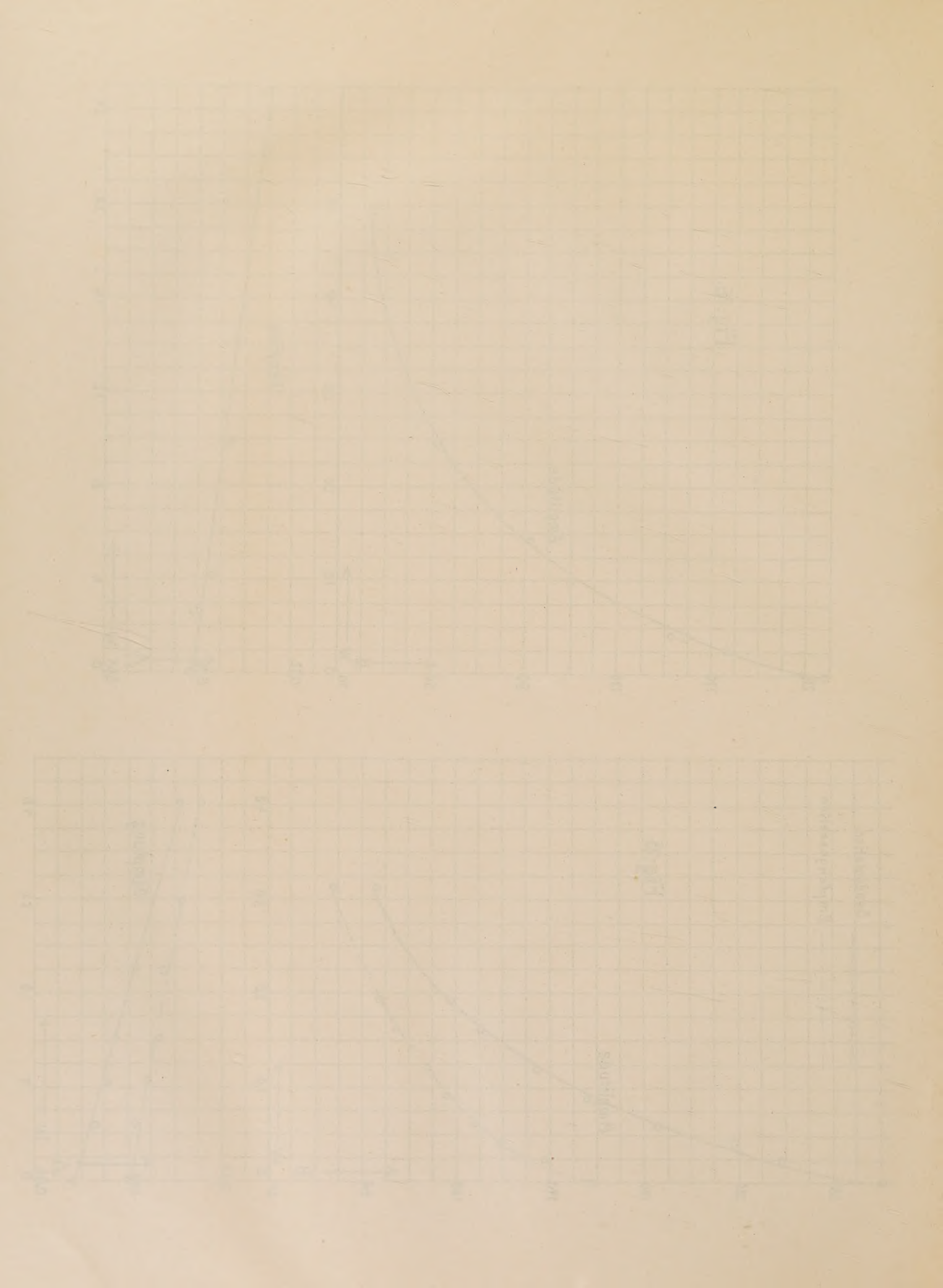

Amplitude
β
w
Dämpfung
Λ
w

Fig:16.



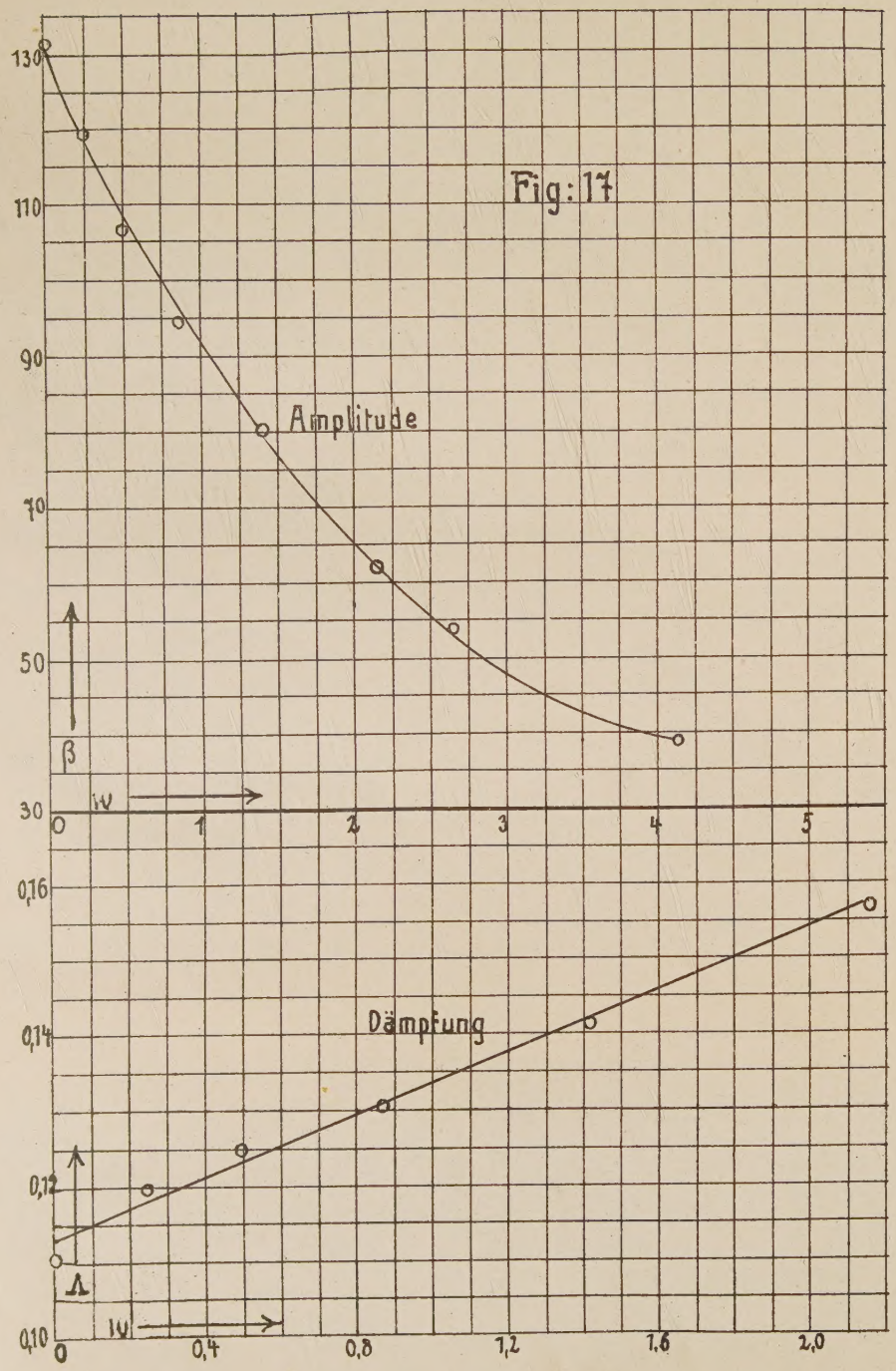


Fig: 17
Amplitude
β
ω
Dämpfung
Λ
ω
130
110
90
70
50
30
0
1
2
3
4
5
0,16
0,14
0,12
0,10
0
0,4
0,8
1,2
1,6
2,0

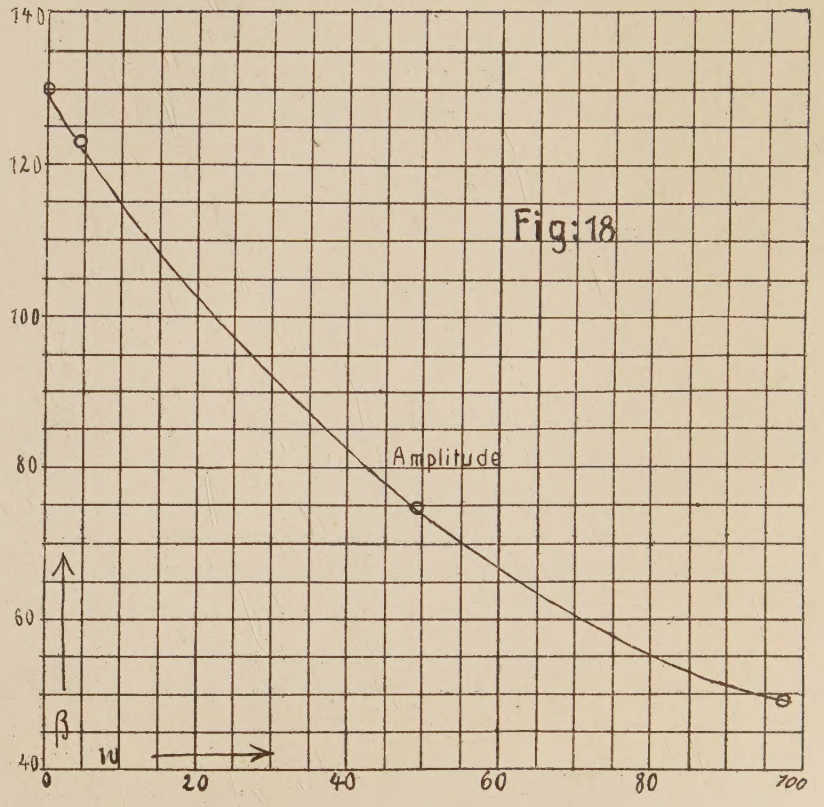


Fig: 18
Amplitude
β
ω
140
120
100
80
60
40
0
20
40
60
80
100